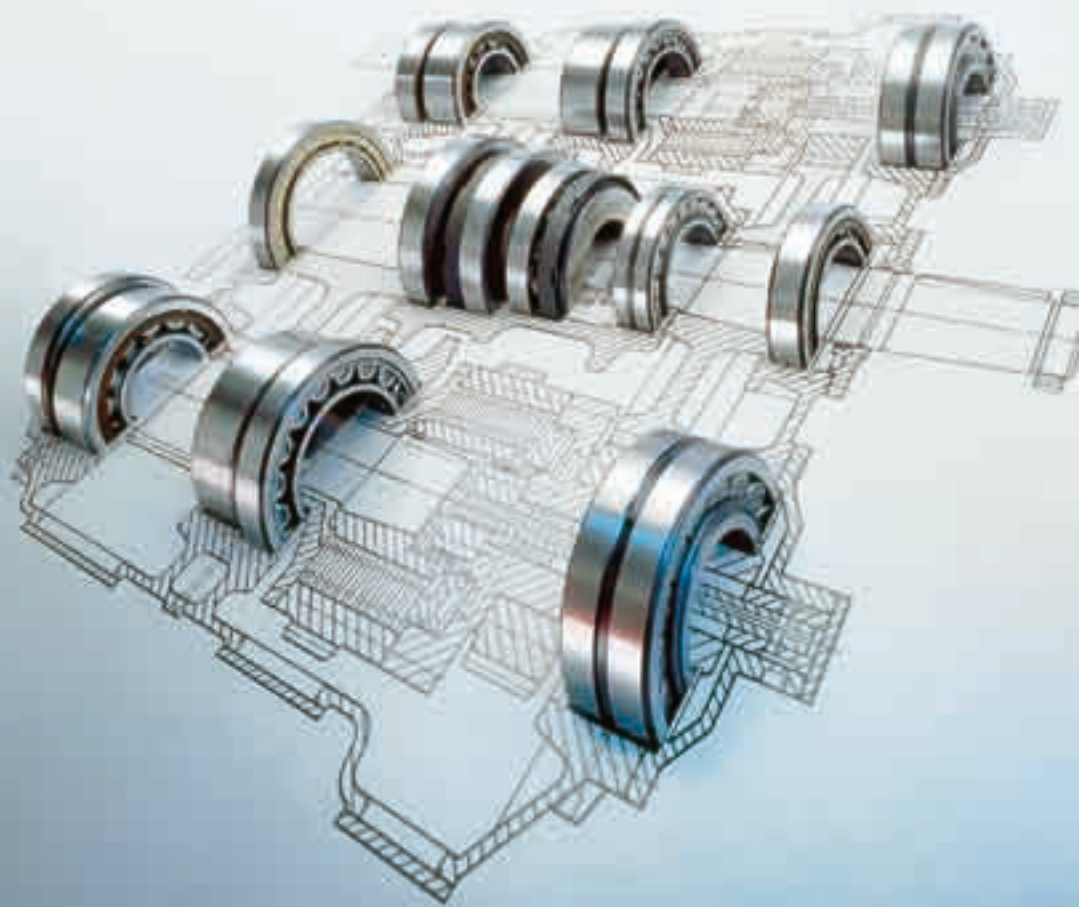




Použití ložisek

Uspořádání ložisek	160
Uspořádání s axiálně vodícím a axiálně volným ložiskem	160
Souměrné uspořádání ložisek	162
“Plovoucí” uspořádání ložisek	162
Radiální zajištění ložisek	164
Volba uložení	164
Volba tolerančního pole	167
Tabulky s doporučeným uložením	168
Tabulky tolerancí	172
Uložení pro duté hřídele	172
Rozměrová a tvarová přesnost a házení souvisejících dílů a opěrných ploch	194
Drsnost stykových ploch	198
Oběžné dráhy na hřídelích a v tělesech	198
Axiální zajištění ložisek	199
Způsoby zajištění	199
Připojovací rozměry	202
Konstrukce souvisejících dílů	204
Předpětí	206
Druhy předpětí	206
Účel předpětí ložisek	208
Určení předpětí	208
Postup při nastavování	212
Předpětí pomocí pružin	216
Dodržení správného předpětí	216
Ložiska pro uložení s předpětím	217
Těsnění	218
Druhy těsnění	218
Volba těsnění	219
Integrovaná těsnění	221
Vnější těsnění	223

Uspořádání ložisek

Pro uložení rotující součásti točivého stroje, např. hřídele, se v zásadě používají dvě ložiska, která zachycují síly působící v radiálním i axiálním směru vzhledem k nehybné části stroje, např. tělesu. V závislosti na způsobu použití, zatížení, požadované přesnosti a nákladech může být pro uložení zvoleno následující uspořádání ložisek

- uspořádání s axiálně vodícím ložiskem a axiálně volným ložiskem
- souměrné uspořádání ložisek
- „plovoucí“ uspořádání ložisek.

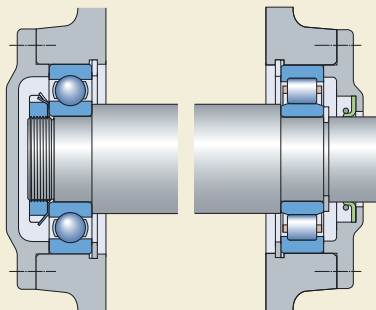
Uložení s jedním ložiskem, která přenášejí radiální, axiální a momentové zatížení, např. kloubový spoj, nejsou v tomto katalogu popsána. V případě, že takové uložení požadujete, obraťte se na technicko-konzultační službu SKF.

Uspořádání s axiálně vodícím a axiálně volným ložiskem

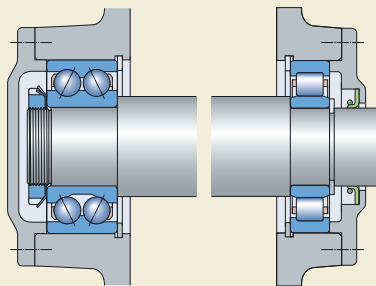
Axiálně vodící ložisko na jednom konci hřídele přenáší kromě radiální složky zatížení i složku axiální v obou směrech. Z toho důvodu musí být axiálně zajištěno jak na hřídeli, tak v tělese. Jako axiálně vodící ložiska jsou vhodná radiální ložiska, která umožňují přenášet kombinované zatížení, např. jednořadá či dvouřadá kuličková ložiska, dvě párovaná jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem, naklápěcí kuličková ložiska, soudečková ložiska nebo popř. párovaná kuželíková ložiska. Jako vodící ložisko může být rovněž použita kombinace radiálního ložiska pro přenos čistě radiálního zatížení, např. válečkového bez přírub na jednom kroužku, spolu s kuličkovým ložiskem, s čtyřbodovým ložiskem anebo s axiálním obousměrným ložiskem. Druhé ložisko, které zachycuje axiální síly v obou směrech, však musí být montováno s radiální vůlí (tzn. s volným uložením) v tělese.

Axiálně volné ložisko na druhém konci hřídele přenáší pouze radiální zatížení. Ložisko musí umožňovat určitý posuv v axiálním směru, aby nedocházelo k vzniku dalšího zatížení ložisek, např. při změně délky hřídele z důvodu teplotní dilatace. K axiálnímu posuvu může dojít přímo v ložisku, např. v jehlovém ložisku, ve válečkovém ložisku NU a N nebo v toroidním ložisku CARB, popř. mezi jedním kroužkem ložiska a částí stro-

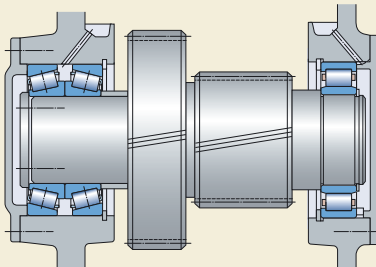
Obr. 1



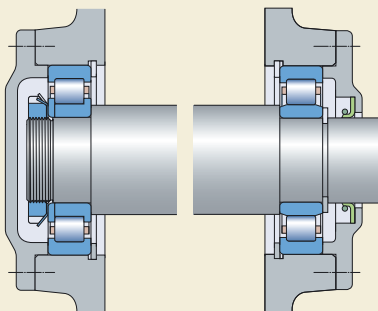
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



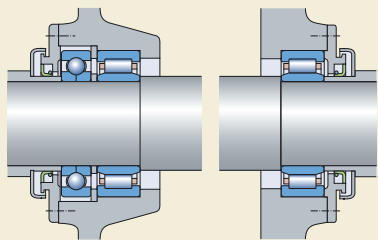
je, především mezi vnějším kroužkem a dírou v tělese.

Nejpoužívanější kombinace axiálně vodícího a axiálně volného ložiska jsou popisovány dále.

Pro uložení, které má být tuhé a v němž má k axiálnímu posuvu docházet "bez tření" v ložisku, může být zvolena následující kombinace ložisek

- kuličkové ložisko/válečkové ložisko (→ **obr. 1**)
- dvouřadá kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem/válečkové ložisko (→ **obr. 2**)
- párovaná jednořadá kuželíková ložiska/válečkové ložisko (→ **obr. 3**)
- válečkové ložisko v provedení NUP/válečkové ložisko v provedení NU (→ **obr. 4**)
- válečkové ložisko v provedení NU a čtyřbodové ložisko/válečkové ložisko v provedení NU (→ **obr. 5**).

Obr. 5

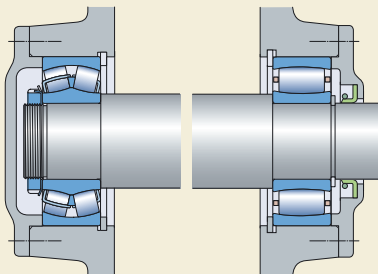


Ve výše uvedených uspořádáních musí být omezena nesouosost hřídele na nejnížší možnou míru. Pokud toho nelze dosáhnout, je vhodné zvolit naklápěcí ložiska, která určitou nesouosost připouštějí

- naklápěcí kuličkové ložisko/toroidní ložisko CARB nebo
- soudečkové ložisko/toroidní ložisko CARB (→ **obr. 6**).

Schopnost těchto uložení vyrovnávat úhlovou nesouosost a umožnit axiální posuv zabraňuje vzniku vnitřních axiálních sil v uložení.

Obr. 6



V uloženích s obvodovým zatížením vnitřního kroužku, v nichž dilatace hřídele musí být vyrovnaná mezi ložiskem a tělesem, by mělo dojít k axiálnímu posuvu mezi vnějším kroužkem a opěrnou plochou. Nejobvyklejší kombinace jsou

- kuličkové ložisko/kuličkové ložisko (→ **obr. 7**)
- naklápěcí kuličkové ložisko nebo soudečkové ložisko/naklápěcí kuličkové ložisko nebo soudečkové ložisko (→ **obr. 8**)
- párovaná jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem/kuličkové ložisko (→ **obr. 9**).

Souměrné uspořádání ložisek

V některých uloženích je hřídel axiálně vedena v jednom směru jedním ložiskem a v druhém směru druhým ložiskem. Tento typ uspořádání je nazýván „soustředný“ a je zpravidla určen pro krátké hřídele. Vhodnými ložisky jsou radiální ložiska všech typů, která mohou přenášet axiální zatížení alespoň v jednom směru, jako např.

- kuličková ložiska s kosoúhlým stykem (→ **obr. 10**)
- kuželíková ložiska (→ **obr. 11**).

Pokud se v souměrném uložení použijí jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem nebo kuželíková ložiska, může být v některých případech potřebné namontovat ložiska s předpětím (→ **str. 206**).

“Plovoucí” uspořádání ložisek

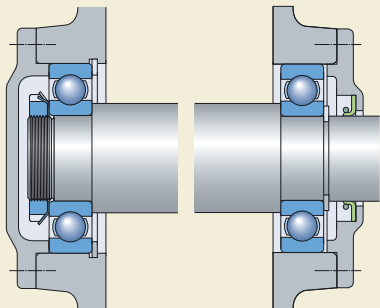
Také v tomto uspořádání ložisek je vedení zajištěno v jednom směru jedním ložiskem a v druhém směru druhým ložiskem. Toto uspořádání je vhodné v případech, že nejsou kladeny vysoké nároky na axiální vedení nebo jestliže díl na hřídeli současně zajišťuje axiální vedení.

Vhodnými typy ložisek pro tento typ uložení jsou

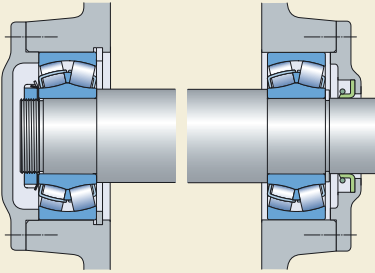
- kuličková ložiska (→ **obr. 12**)
- naklápěcí kuličková ložiska
- soudečková ložiska.

V tomto typu uložení je nutné, aby se jeden kroužek každého ložiska mohl pohybovat uvnitř ložiska anebo na opěrné ploše, nejlépe vnější kroužek uložený v ložiskovém tělese. Pro plovoucí uspořádání lze rovněž použít válečková ložiska v provedení NJ s přesazenými vnitřními kroužky (→ **obr. 13**). V takovém případě dochází k axiálnímu pohybu v ložisku.

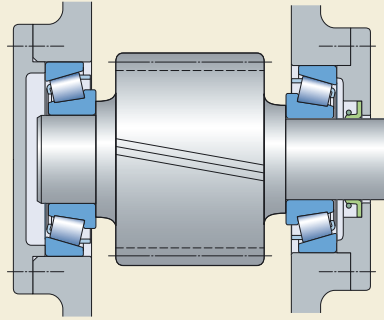
Obr. 7



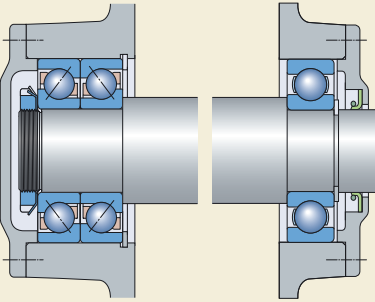
Obr. 8



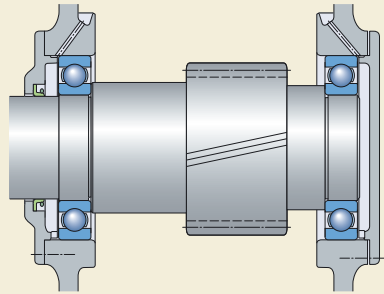
Obr. 11



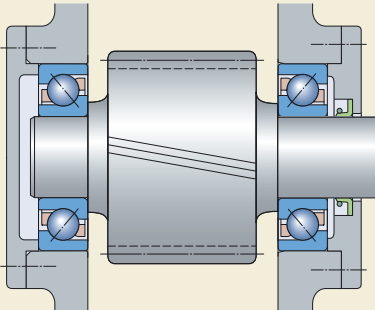
Obr. 9



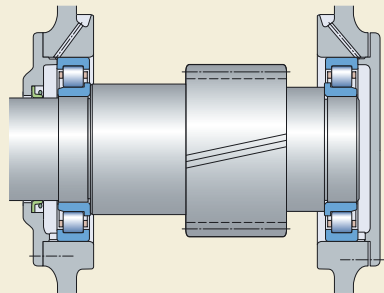
Obr. 12



Obr. 10



Obr. 13



Radiální zajištění ložisek

Únosnost ložisek je plně využita pouze tehdy, když jsou ložiskové kroužky opřeny po celém obvodu a celé šířce oběžných drah. Opěrná plocha musí být pevná, může mít válcový nebo kuželový tvar, popř. u kroužků axiálních ložisek se může jednat o rovinnou plochu. To znamená, že opěrné plochy pro ložiska musí být vyrobeny s odpovídající přesností a nesmějí být opatřeny drážkami, otvory apod. Kromě toho musí být ložiskové kroužky spolehlivě zajištěny, aby se pod zatížením neotáčely v tělese nebo na hřídeli.

Uspokojivé radiální zajištění a odpovídající podepření může být zajištěno v zásadě pouze tehdy, když jsou kroužky ložiska namontovány s dostatečným přesahem. Nedostatečně nebo nesprávně pojištěné ložiskové kroužky jsou vždy příčinou poškození ložisek i souvisejících dílů. Jestliže se však požaduje snadná montáž a demontáž, popř. axiální posuvnost u axiálně volného ložiska, nelze volit pevné uložení kroužku. V některých případech, kdy je zvoleno volné uložení, je nutné provést opatření, které zamezí nevyhnutelnému opotřebení při posouvání kroužku – např. opěrné plochy jsou povrchově kaleny, stykové plochy jsou mazány pomocí speciálních mazacích drážek, které současně odvádějí i částice otěru, anebo ložisko může být na čelních plochách opatřeno drážkami pro pero nebo jiné zajišťovací zařízení.

Volba uložení

Při volbě uložení je nutné se řídit následujícími hledisky a všeobecnými zásadami.

1. Způsob otáčení

Pod pojmem “způsob otáčení” se rozumí pohyb kroužku ložiska vzhledem k zatížení (→ **tabulka 1**). V zásadě rozeznáváme tři způsoby: “obvodové zatížení”, “bodové zatížení” a “neurčitý směr zatížení”.

“Obvodové zatížení” je takové zatížení, při němž se kroužek otáčí a směr zatížení se nemění, anebo když je kroužek v klidu a zatížení obíhá, a tedy všechny body oběžné dráhy jsou postupně vystaveny zatížení v průběhu jedné otáčky. Velká zatížení, která neobíhají, nýbrž oscilují, jako např. u ojnicích ložisek jsou rovněž považována za obvodová.

Při působení obvodového zatížení může dojít k otáčení ložiskového kroužku v tělese nebo na

hřídeli, pokud je volně uložen, a na stykových plochách dojde k opotřebení (stykové korozi). Takovému poškození lze předejít uložení kroužku s přesahem. Pro volbu přesahu jsou rozhodující provozní podmínky (→ **body 2 a 4** dále).

“Bodové zatížení” je zatížení, kdy kroužek ložiska i zatížení jsou v klidu, anebo když kroužek i zatížení mají stejné otáčky, a tedy zatížení působí stále ve stejném bodě oběžné dráhy. V takovém případě obvykle nedochází k otáčení kroužku ložiska. Kroužek tedy nemusí být na montován s přesahem, pokud to nevyžadují jiné důvody.

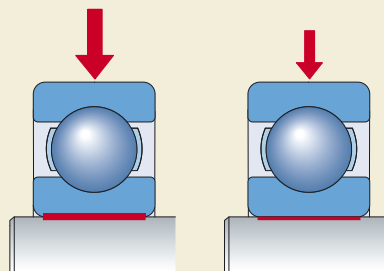
Při “neurčitém směru zatížení” působí na ložisko proměnné zatížení, rázové zatížení, vibrace a nevývaha, jako např. ve vysokootáčkových strojích. Směr zatížení se mění a není možné ho přesně popsat. Při neurčitém směru zatížení a zvláště při působení velkých zatížení musí být oba ložiskové kroužky uloženy s přesahem. Pro vnitřní kroužek je běžně používáno uložení jako při obvodovém zatížení. Pokud však musí být zajištěna axiální posuvnost vnějšího kroužku v tělese a zatížení není příliš velké, lze zvolit poněkud volnější uložení než je doporučeno pro obvodové zatížení.

2. Velikost zatížení

Vnitřní kroužek uložený s přesahem se s vzrůstajícím zatížením uvolňuje, protože se roztahuje. Vlivem obvodového zatížení může dojít k otáčení kroužku. Velikost přesahu je tedy nutno volit podle velikosti zatížení: čím je zatížení větší, tím větší musí být přesah uložení kroužku (→ obr. 14) zvláště to platí v případech rázového a vibračního zatížení.

Charakteristika zatížení:

- $P \leq 0,05 C$ – běžné zatížení.
- $0,05 C < P \leq 0,1 C$ – normální zatížení.
- $0,1 C < P \leq 0,15 C$ – těžké zatížení.
- $P > 0,15 C$ – velmi těžké zatížení.



Tabulka 1

Způsob otáčení a zatížení				
Provozní podmínky	Schématický obrázek	Působící zatížení	Příklad	Doporučené uložení
Rotující vnitřní kroužek Nepohyblivý vnější kroužek Konstantní směr zatížení		Obvodové zatížení vnitřního kroužku Bodové zatížení vnějšího kroužku	Hřídele poháněné řemenem	Uložení vnitřního kroužku s přesahem Volné uložení vnějšího kroužku
Nepohyblivý vnitřní kroužek Rotující vnější kroužek Konstantní směr zatížení		Bodové zatížení vnitřního kroužku Obvodové zatížení vnějšího kroužku	Válečky dopravníku Ložisková jednotka kola automobilu	Volné uložení vnitřního kroužku Uložení vnějšího kroužku s přesahem
Rotující vnitřní kroužek Nepohyblivý vnější kroužek Zatížení obíhá s vnitřním kroužkem		Bodové zatížení vnitřního kroužku Obvodové zatížení vnějšího kroužku	Vibrační zařízení Vibrační síta nebo motory	Uložení vnějšího kroužku s přesahem Volné uložení vnitřního kroužku
Nepohyblivý vnitřní kroužek Rotující vnější kroužek Zatížení obíhá s vnějším kroužkem		Obvodové zatížení vnitřního kroužku Bodové zatížení vnějšího kroužku	Kuželový drtič (Uložení kolotočů)	Uložení vnitřního kroužku s přesahem Volné uložení vnějšího kroužku

3. Vnitřní vůle ložiska

Při uložení s přesahem na hřídeli nebo v tělese dochází k pružné deformaci kroužku (roztážení nebo stlačení) a vnitřní vůle ložiska se zmenší. V ložisku by však měla zůstat určitá minimální vůle (→ část "Vnitřní vůle ložiska", která začíná na **str. 137**). Počáteční vůle a její přípustné zmenšení závisí na typu a velikosti ložiska. V některých případech může vlivem uložení s přesahem dojít k tak velkému zmenšení počáteční vůle, že je nutné volit ložisko s vůlí větší než normální, aby se zabránilo vzniku předpětí (→ **obr. 15**).

4. Vliv teploty

V mnoha aplikacích má vnější kroužek ložiska za provozu nižší teplotu než vnitřní kroužek. To se může projevit zmenšením vnitřní vůle ložiska (→ **obr. 16**).

Za provozu se kroužky ložiska obvykle zahřejí na teplotu, která je vyšší než teplota souvisejících dílů. Pevné uložení vnitřního kroužku se může uvolnit, zatímco roztážením vnějšího kroužku v tělese může dojít k omezení axiální posuvnosti. Zrychlení ložiska nebo tření u kontaktního těsnění může také vést k zvýšení teploty ložiska. Z toho důvodu je třeba věnovat pozornost teplotním rozdílům a směru přestupu tepla v uložení.

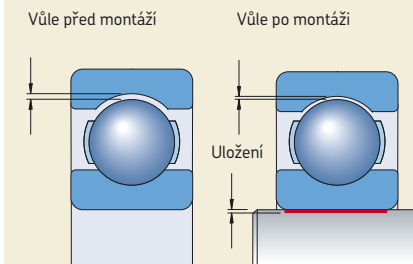
5. Přesnost chodu

Ložiska, u nichž je požadována vysoká přesnost chodu, nemohou být v zásadě montována s volným uložením, protože musí být omezeny vibrace a pružné deformace. Pro uložení na hřídeli a v tělese by měly být zvoleny úzké tolerance, nejméně IT 5 pro hřídel a IT 6 pro těleso. Pro válcovitost musí být voleny rovněž úzké tolerance (→ **tabulka 11, str. 196**).

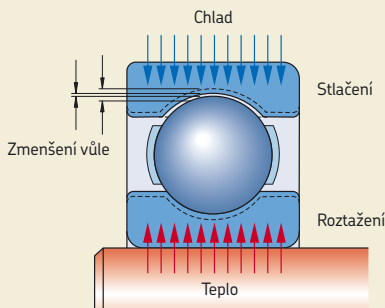
6. Konstrukce a materiály hřídele a tělesa

Uložení kroužku ložiska na dosedací ploše nesmí vyvolat deformaci kroužku (úchyłka kruhovitosti). K tomu může dojít např. nepravidelností dosedací plochy. Z toho důvodu nejsou zásadně vhodná dělená ložisková tělesa, pokud se vnější kroužky mají montovat s přesahem a zvolené tolerance požadují uložení s přesahem větším, než požaduje toleranční pole H (nebo nejvýše K). Pro zajištění dostatečného opření ložiskových kroužků v tenkostěnných tělesech, tělesech vyrobených z lehkých slitin či na dutých hřídelích je vhodné zvolit větší přesah než pro tlustostěnná ocelová nebo litinová tělesa a plné hřídele (→ rovněž část "Uložení pro duté hřídele", která začí-

Obr. 15



Obr. 16



ná na **str. 172**). Také pro některé materiály je vhodný menší přesah.

7. Uspadnění montáže a demontáže

Ložiska s volným uložením se zpravidla montují a demontují snadněji než ložiska uložená s přesahem. Jestliže provozní podmínky vyžadují uložení s přesahem a současně je nutno zajistit snadnou montáž a demontáž, lze použít rozebratelná ložiska nebo ložiska s kuželovou dírou. Ložiska s kuželovou dírou mohou být montována přímo na kuželový čep nebo na upínací či stahovací pouzdro na hřídel bez osazení, popř. s osazením (→ **obr. 26, 27 a 28**, na **str. 201**).

8. Posuvnost axiálně volného ložiska

Jestliže se na axiálně volné straně použije ložisko, které svou konstrukcí neumožňuje axiální posun, je nutné zajistit, za všech okolností, posuvnost alespoň jednoho z kroužků. Dosáhne se toho volným uložením kroužku, který je zatížen bodově (→ **obr. 20**, na **str. 199**). Působí-li na vnější kroužek bodové zatížení, musí být zajištěna axiální posuvnost v díře tělesa a proto např. tělesa z lehké slitiny jsou často opatřena kaleným pouzdem nebo vložkou. Takovým způsobem se zabráaní "vytlučení" opěrné plochy v tělese vlivem nižší tvrdosti materiálu tělesa. V opačném případě by mohlo dojít k omezení axiální posuvnosti anebo po čase by byla zcela vyloučena.

Jestliže se v uložení používá válečkové ložisko bez vodicích přírub na jednom kroužku, jehlové ložisko nebo toroidní ložisko CARB, oba kroužky lze montovat s přesahem, protože k axiálnímu posuvu dochází v ložisku.

Volba tolerančního pole

Tolerance díry a vnějšího průměru valivých ložisek jsou mezinárodně standardizovány (→ část "Tolerance", která začíná na **str. 120**).

Pro uložení s přesahem nebo volné uložení ložisek s válcovou dírou a válcovým vnějším povrchem se volí vhodné tolerance průměru hřídele a díry tělesa podle tolerančního systému ISO. Pro uložení s valivými ložisky je vhodný pouze omezený počet tolerančních stupňů ISO. Nejpoužívanější toleranční pole vzhledem k normalizované toleranci díry ložiska a vnějšího průměru ložiska jsou uvedeny na **obr. 17**, na **str. 168**.

Ložiska s kuželovou dírou se montují přímo na kuželový čep nebo upínací či stahovací pouzdro, které je opatřeno vnější kuželovou plochou. Tato pouzdra jsou určena pro montáž na válcové čepy hřídelí. V takových případech se uložení vnitřního kroužku neurčuje jako u ložiska s válcovou dírou výběrem tolerance hřídele, nýbrž podle velikostí posunutí kroužku na kuželovém čepu nebo pouzdru. Je však třeba učinit určitá opatření s ohledem na úbytek vůle v ložisku, jak je uvedeno v úvodním textu částí "Naklápěcí kuličková ložiska", "Soudečková ložiska" a "Toroidní ložiska CARB".

Jestliže se ložisko montuje na upínací nebo stahovací pouzdro lze pro uložení pouzdra volit větší tolerance průměru hřídele, avšak úchylna válcovitosti musí být menší (→ "Rozměrová a tvarová přesnost a házení souvisejících dílů a opěrných ploch", která začíná na **str. 194**).

Tabulky s doporučeným uložením

Doporučená uložení pro ložiska montovaná na plně ocelové hřídele jsou uvedena v následujících tabulkách

Tabulka 2: Radiální ložiska s válcovou dírou

Tabulka 3: Axiální ložiska

a pro litinová a ocelová tělesa v následujících tabulkách

Tabulka 4: Radiální ložiska – nedělená tělesa

Tabulka 5: Radiální ložiska – dělená nebo nedělená tělesa

Tabulka 6: Axiální ložiska.

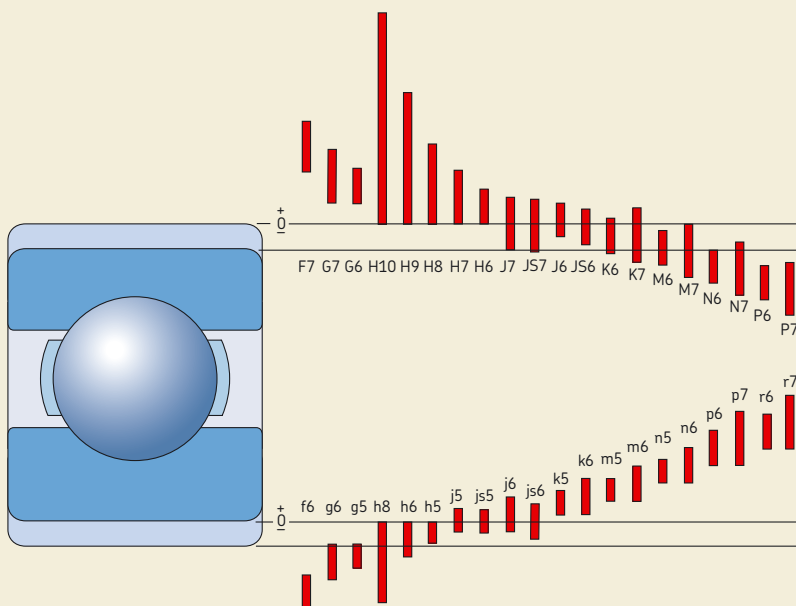
Tato doporučená uložení jsou založena na všeobecných zásadách, které jsou uvedeny výše. Dlouholeté zkušenosti ukázaly, že tato doporučená uložení jsou vhodná pro mnoho způsobů použití a uspořádání ložisek. Protože ložiska nejnovějších konstrukcí umožňují přenášet daleko větší zatížení než předchozí typy, uvedená doporu-

čení odrážejí tato nová hlediska. Tabulky, které obsahují doporučená uložení pro ložisková tělesa, uvádějí rovněž informace, zda vnější kroužek může být axiálně posuvný v díře. Podle této informace lze zkontrolovat, zda zvolené tolerance jsou vhodné pro nerozebíratelná ložiska používaná jako axiálně volná, a která neumožňují axiální posuv v ložisku.

Poznámka

Pro aplikace s nerezovými ložisky platí doporučení v **tabulkách 2 až 6** uvedených na **stránkách 169 až 171**, v úvahu je však nutné vzít omezení v dodatcích ²⁾ a ³⁾ v **tabulce 2**. Také dodatek ¹⁾ v **tabulce 2** neplatí pro nerezová ložiska. V případě nutnosti použít jiných přesahů než doporučených v **tabulce 2**, kontaktujte aplikační oddělení SKF. Kontaktovat SKF také doporučujeme i v případě, kdy pro danou vůli v ložisku dochází během provozu např. k zvýšení teploty u hřídelí vyrobených z nerezových ocelí.

Obr. 17



Uložení pro plné ocelové hřídele

Radiální ložiska s válcovou dírou

Provozní podmínky	Příklady	Průměr hřídele, mm			CARB a soudečková ložiska	Tolerance	
		Kuličková ložiska ¹⁾	Válečková ložiska	Kuželíková ložiska			
Obvodové zatížení vnitřního kroužku nebo neurčitý směr zatížení							
Malá a proměnná zatížení (P ≤ 0,05 C)	Dopravní zařízení, lehce zatížená ložiska v převodovkách	≤ 17	–	–	–	j5 (h5) ²⁾	
		(17) až 100	≤ 25	≤ 25	–	j6 (j5) ²⁾	
		(100) až 140	(25) až 60	(25) až 60	–	k6	
		–	(60) až 140	(60) až 140	–	m6	
Normální až velká zatížení (P > 0,05 C)	Všeobecné strojírenství, elektro motory, turbíny, čerpadla, větrné elektrárny, ozubené převody, dřevoobráběcí stroje	≤ 10	–	–	–	j5	
		(10) až 17	–	–	–	j5 (j5) ²⁾	
		(17) až 100	–	–	< 25	k5 ³⁾	
		–	≤ 30	≤ 40	–	k6	
		(100) až 140	(30) až 50	–	25 až 40	m5	
		(140) až 200	–	(40) až 65	–	m6	
		–	(50) až 65	–	(40) až 60	n5 ⁴⁾	
		(200) až 500	(65) až 100	(65) až 200	(60) až 100	n6 ⁴⁾	
		–	(100) až 280	(200) až 360	(100) až 200	p6 ⁵⁾	
		> 500	–	–	–	p7 ⁴⁾	
Velká zatížení a rázová zatížení při náročných provozních podmínkách (P > 0,1 C)	Nápravová ložiska kolejových vozidel, trakční motory, válcovny	–	(280) až 500	(360) až 500	(200) až 500	p7 ⁴⁾	
		–	> 500	> 500	> 500	r7 ⁴⁾	
		–	(50) až 65	–	(50) až 70	n5 ⁴⁾	
		–	(65) až 85	(50) až 110	–	n6 ⁴⁾	
		–	(85) až 140	(110) až 200	(70) až 140	p6 ⁶⁾	
		–	(140) až 300	(200) až 500	(140) až 280	r6 ⁷⁾	
Vysoké nároky na přesný chod při malých zatíženích (P ≤ 0,05 C)	Obráběcí stroje	–	(300) až 500	–	(280) až 400	s6 _{min} ± IT6/2 ⁶⁾⁸⁾	
		–	> 500	> 500	> 400	s7 _{min} ± IT7/2 ⁶⁾⁸⁾	
		8 až 240	–	–	–	j5 ₄	
		–	25 až 40	25 až 40	–	j5 ₄ (j5) ⁹⁾	
		–	(40) až 140	(40) až 140	–	k4 (k5) ⁹⁾	
Bodové zatížení vnitřního kroužku	Požadovaná snadná posuvnost vnitřního kroužku na hřídeli	–	(140) až 200	(140) až 200	–	m5	
		–	(200) až 500	(200) až 500	–	n5	
		Nápinací kladky, lanové kladky					h6
		Čistě axiální zatížení					
Veškerá uložení		≤ 250	–	≤ 250	≤ 250	j6	
		> 250	–	> 250	> 250	js6	

- 1) Pokud jsou používány hřídelové tolerance uvedené v tabulce, je často nutné pro normální a velká zatížení kuličkových ložisek ($P > 0,05\text{ C}$) použít radiální vůle větší než normální. Provozní podmínky někdy vyžadují použití tužší uložení zamezující protažení kroužku na hřídeli. V případě, kdy je zvolena větší radiální vůle než normální, lze použít následující tolerance

- k4 pro průměr hřídele 10 až 17 mm
- k5 pro průměr hřídele (17) až 25 mm
- m5 pro průměr hřídele (25) až 140 mm
- n6 pro průměr hřídele (140) až 300 mm
- p6 pro průměr hřídele (300) až 500 mm

Pro bližší informace kontaktujte technické oddělení SKF.

- 2) Tolerance v závorkách se používá pro nerezová ložiska.

- 3) Pro nerezová ložiska s průměrem 17 až 30 mm se používá tolerance j5.

- 4) Může být nutná vnitřní radiální vůle větší než normální.

- 5) Pro ložiska s průměrem $d \leq 150\text{ mm}$ je doporučena radiální vůle větší než normální, pro ložiska s $d > 150\text{ mm}$ je nutná radiální vůle větší než normální.

- 6) Doporučena vnitřní radiální vůle větší než normální.

- 7) Může být nutná vnitřní radiální vůle větší než normální, pro válečková ložiska je doporučeno použít radiální vůle větší než normální.

- 8) Tolerance doporučujeme konzultovat s aplikačním oddělením SKF.

- 9) Tolerance v závorkách platí pro kuličková ložiska. Pro kuličková ložiska nastavená pomocí vnitřního kroužku, na něž působí malé zatížení, je třeba použít js5 nebo js6.

- 10) Tolerance f6 může být zvolena pro velká ložiska, pokud má být zajištěna snadná posuvnost.

Tabulka 3

Uložení pro plné ocelové hřídele		
Axiální ložiska		
Provozní podmínky	Průměr hřídele, mm	Tolerance
Čistě axiální zatížení		
Axiální kuličková ložiska	–	h6
Axiální válečková ložiska	–	h6 (h8)
Klec s valivými tělesy axiálního válečkového ložiska	–	h8
Kombinované radiální a axiální zatížení působící na axiální soudečková ložiska		
Bodové zatížení hřídelového kroužku	≤ 250	j6
	> 250	js6
Obvodové zatížení na hřídelovém kroužku nebo neurčitý směr zatížení	≤ 200	k6
	(200) až 400	m6
	> 400	n6

Tabulka 4

Uložení pro litinová a ocelová tělesa			
Radiální ložiska – nedělená tělesa			
Provozní podmínky	Příklady	Tolerance ¹⁾	Posuvnost vnějšího kroužku
Obvodové zatížení vnějšího kroužku			
Velká zatížení ložisek v tenkostěnných tělesech, velká rázová zatížení (P > 0,1 C)	Náboje kol s ložisky s čárovým stykem, ojnicí ložiska	P7	není posuvný
Normální až velká zatížení (P > 0,05 C)	Náboje kol s ložisky s bodovým stykem, ojnicí ložiska, pojezdová kola jeřábů	N7	není posuvný
Malá a proměnná zatížení (P ≤ 0,05 C)	Dopravníkové válečky, lanové kladky, napínací kladky	M7	není posuvný
Neurčitý směr zatížení			
Velká rázová zatížení	Trakční motory	M7	není posuvný
Normální až velká zatížení (P > 0,05 C), posuvnost vnějšího kroužku není nutná	Elektromotory, čerpadla, ložiska klikových hřídel	K7	zpravidla není posuvný
Přesný nebo tichý chod²⁾			
Ložiska s bodovým stykem	Malé elektromotory	J6 ³⁾	posuvný
Kuličková ložiska	Je-li nastaven pomocí vnějšího kroužku	JS5	–
	Axiálně vodící vnější kroužek	K5	–
	Obvodové zatížení vnějšího kroužku	M5	–

¹⁾ Pro kuličková ložiska s D ≤ 100mm je vhodné použít stupeň IT6, tato přesnost je doporučena i pro ložiska s tenkostěnnými kroužky (např. průměrová řada 7,8 a 9). Pro tato ložiska je také doporučená tolerance válcovitosti IT4.

²⁾ Pro přesná ložiska odpovídající přesnosti P5 nebo vyšší platí jiné doporučené hodnoty (→ katalog SKF "High-precision bearings").

³⁾ Pokud je požadována snadná posuvnost, je třeba použít H6 místo J6.

Tabulka 5

Uložení pro litinová a ocelová tělesa

Radiální ložiska – dělená nebo nedělená tělesa

Provozní podmínky	Příklady	Tolerance ¹⁾	Posuvnost vnějšího kroužku
Neurčitý směr zatížení			
Malá až normální zatížení ($P \leq 0,1 C$), požadovaná posuvnost vnějšího kroužku	Středně velké elektrické stroje, čerpadla, ložiska klikových hřídelí	J7	zpravidla je posuvný
Bodové zatížení vnějšího kroužku			
Libovolná velikost zatížení	Všeobecné strojírenství, železniční nápravové skříně	H7 ²⁾	posuvný
Malá až normální zatížení ($P \leq 0,1 C$) u méně náročných uložení	Všeobecné strojírenství,	H8	posuvný
Přívod tepla hřídelí	Sušicí válce, velké elektrické stroje se soudečkovými ložisky	G7 ³⁾	posuvný

¹⁾ Pro kuličková ložiska s $D \leq 100\text{ mm}$ je často vhodné použít stupeň IT6. Tato přesnost je doporučena i pro ložiska s tenkostěnnými kroužky (např. průměrová řada 7,8 a 9). Pro tato ložiska je také doporučená tolerance válcovitosti IT4.

²⁾ Pro velká ložiska ($D > 250\text{ mm}$) a teplotní rozdíl mezi vnějším kroužkem a tělesem $> 10\text{ °C}$, je třeba použít G7 místo H7.

³⁾ Pro velká ložiska ($D > 250\text{ mm}$) a teplotní rozdíl mezi vnějším kroužkem a tělesem $> 10\text{ °C}$, je třeba použít F7 místo G7.

Tabulka 6

Uložení pro litinová a ocelová tělesa

Axiální ložiska

Provozní podmínky	Tolerance	Poznámky
Čistě axiální zatížení		
Axiální kuličková ložiska	H8	Pro méně přesná uložení může mít kroužek v tělese radiální vůli až 0,001 D
Axiální válečková ložiska	H7 (H9)	
Klec s valivými tělesy axiálního válečkového ložiska	H10	
Axiální soudečková ložiska, je-li hřídel radiálně vedená jiným ložiskem	–	Tělesový kroužek musí být uložen radiální vůlí, aby na axiální ložiska nemohlo působit žádné radiální zatížení
Kombinované radiální a axiální zatížení axiálních soudečkových ložisek		
Bodové zatížení hřídelového kroužku	H7	Viz rovněž "Konstrukce souvisejících dílů" v části "Axiální soudečková ložiska" na str. 881
Obvodové zatížení tělesového kroužku	M7	

Tabulky tolerancí

Hodnoty, které uvádějí **tabulky 7 a 8** pro hřídel a těleso umožňují stanovit druh uložení

- horní a dolní meze úchylek normálních tolerancí průměru díry a vnějšího průměru
- horní a dolní meze úchylek průměru hřídele a průměru díry tělesa podle ISO 286-2:1988
- nejmenší a největší hodnoty teoretického přesahu (+) či vůle (–) uložení
- nejmenší a největší hodnoty pravděpodobného přesahu (+) či vůle (–) uložení.

Odpovídající hodnoty pro uložení na hřídeli jsou uvedeny pro následující tolerance

e7, f5, f6, g5, g6

v **tabulce 7a, str. 174 a 175**

h5, h6, h8, h9, j5

v **tabulce 7b, str. 176 a 177**

j6, js5, js6, js7, k4

v **tabulce 7c, str. 178 a 179**

k5, k6, m5, m6, n5

v **tabulce 7d, str. 180 a 181**

n6, p6, p7, r6, r7

v **tabulce 7e, str. 182 a 183**

Odpovídající hodnoty pro uložení do ložiskového tělesa jsou uvedeny pro následující tolerance

F7, G6, G7, H5, H6

v **tabulce 8a, str. 184 a 185**

H7, H8, H9, H10, J6

v **tabulce 8b, str. 186 a 187**

J7, JS5, JS6, JS7, K5

v **tabulce 8c, str. 188 a 189**

K6, K7, M5, M6, M7

v **tabulce 8d, str. 190 a 191**

N6, N7, P6, P7

v **tabulce 8e, str. 192 a 193**

Normální tolerance díry a vnějšího průměru, pro které byly spočítány hodnoty v tabulkách, platí pro všechna metrická valivá ložiska s výjimkou kuželíkových ložisek metrických rozměrů o průměru díry $d \leq 30$ mm a vnějším průměru $D \leq 150$ mm a dále pro axiální ložiska o vnějším průměru $D \leq 150$ mm. Tolerance průměrů těchto ložisek se liší od normálních tolerancí ostatních ložisek (→ tabulky tolerancí na **str. 125 až 132**).

Hodnoty pravděpodobného přesahu či vůle zahrnují 99 % všech kombinací teoretického přesahu nebo vůle uložení.

Pokud jsou používána ložiska ve vyšší přesnosti než je normální, zúžené tolerance díry a vnějšího průměru znamenají, že přesah nebo vůle uložení byly odpovídajícím způsobem zúženy. Jestliže je požadován přesnější výpočet mezi je vhodné se obrátit na technicko-konzultační služby SKF

Uložení pro duté hřídele

Jestliže mají být ložiska montována s přesahem na dutý hřídel, v zásadě se musí volit větší přesah než pro plné hřídele, aby se dosáhlo ve stykových plochách mezi vnitřním kroužkem a dutým hřídelem stejného měrného tlaku. Pro volbu přesahu jsou rozhodující poměry průměrů

$$c_i = \frac{d_i}{d} \text{ a } c_e = \frac{d}{d_e}$$

K výraznému snížení pevnosti spoje u dutého hřídele nedojde, pokud poměr průměrů $c_i \geq 0,5$. Není-li známý vnější průměr vnitřního kroužku, poměr c_e lze vypočítat s dostatečnou přesností ze vztahu

$$c_e = \frac{d}{k(D - d) + d}$$

kde

c_i = poměr průměrů dutého hřídele

c_e = poměr průměrů vnitřního kroužku

d = vnější průměr dutého hřídele (= průměr díry ložiska), mm

d_i = vnitřní průměr dutého hřídele, mm

d_e = vnější průměr vnitřního kroužku ložiska, mm

D = vnější průměr ložiska, mm

k = součinitel typu ložiska

pro naklápací kuličková ložiska řad 22 a 23 je $k = 0,25$

pro válečková ložiska je $k = 0,25$ pro

všechna ostatní ložiska je $k = 0,3$

Při určování požadovaného přesahu pro montáž ložiska na dutý hřídel je třeba vycházet ze středního pravděpodobného přesahu mezi průměrem hřídele a průměrem díry ložiska, který je určen pro tolerance, doporučené pro plný hřídel stejného průměru. Zanedbá-li se plastická deformace stykových ploch při montáži, skutečný přesah lze považovat za rovný střednímu pravděpodobnému.

Přesah Δ_H vhodný pro dutý ocelový hřídel lze určit v Δ_V v závislosti na známém přesahu **diagramu 1** Δ_V pro plný hřídel. Δ_V se rovná střední hodnotě nejmenší a největší hodnoty pravděpodobného přesahu pro plnou hřídel. Tolerance pro dutý hřídel se pak volí tak, aby se střední pravděpodobný přesah co nejvíce blížil přesahu Δ_H určeného z **diagramu 1**.

Příklad

Jednořadé kuličkové ložisko 6208 s $d = 40$ mm a $D = 80$ mm má být namontováno na dutý hřídel o poměru průměrů $c_i = 0,8$. Jaký je požadovaný přesah a jaké jsou vhodné tolerance hřídele?

Pokud by ložisko mělo být namontováno na plný hřídel z ocele a jestliže by na ně mělo působit normální zatížení, byla by vhodná tolerance k5. Z **tabulky 7d**, na **str. 180**, pro hřídel o průměru 40 mm vyplývá střední pravděpodobný přesah $\Delta_V = (22 + 5)/2 = 13,5$ μm . Pro $c_i = 0,8$ a

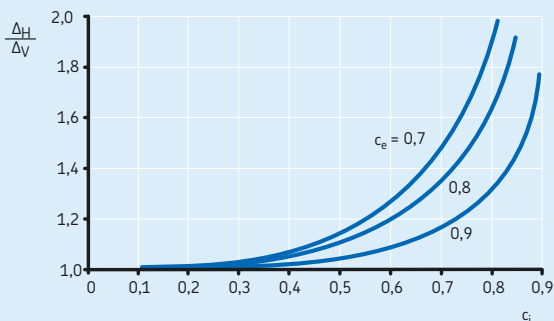
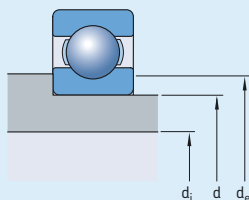
$$c_e = \frac{40}{0,3 (80 - 40) + 40} = 0,77$$

vychází z **diagramu 1** poměr $\Delta_H/\Delta_V = 1,7$.

Tedy požadovaný přesah pro dutý hřídel $\Delta_H = 1,7 \times 13,5 = 23$ μm . Z toho důvodu je zvolena pro dutý hřídel tolerance m6 neboť zajišťuje střední pravděpodobný přesah odpovídající velikosti.

Diagram 1

Vztah mezi přesahem Δ_H pro dutý ocelový hřídel a známým přesahem Δ_V pro plný ocelový hřídel



Tabulka 7a

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení													
Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				e7		f5		f6		g5		g6	
přes	včetně	min	max	Úchytky (průměr hřídele) Teoretický přesah (+)/vůle (-) Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
1	3	-8	0	-14	-24	-6	-10	-6	-12	-2	-6	-2	-8
				-6	-24	+2	-10	+2	-12	+6	-6	+6	-8
				-8	-22	+1	-9	0	-10	+5	-5	+4	-6
3	6	-8	0	-20	-32	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12
				-12	-32	-2	-15	-2	-18	+4	-9	+4	-12
				-14	-30	-3	-14	-4	-16	+3	-8	+2	-10
6	10	-8	0	-25	-40	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14
				-17	-40	-5	-19	-5	-22	+3	-11	+3	-14
				-20	-37	-7	-17	-7	-20	+1	-9	+1	-12
10	18	-8	0	-32	-50	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17
				-24	-50	-8	-24	-8	-27	+2	-14	+2	-17
				-27	-47	-10	-22	-10	-25	0	-12	0	-15
18	30	-10	0	-40	-61	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20
				-30	-61	-10	-29	-10	-33	+3	-16	+3	-20
				-33	-58	-12	-27	-13	-30	+1	-14	0	-17
30	50	-12	0	-50	-75	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25
				-38	-75	-13	-36	-13	-41	+3	-20	+3	-25
				-42	-71	-16	-33	-17	-37	0	-17	-1	-21
50	80	-15	0	-60	-90	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29
				-45	-90	-15	-43	-15	-49	+5	-23	+5	-29
				-50	-85	-19	-39	-19	-45	+1	-19	+1	-25
80	120	-20	0	-72	-107	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34
				-52	-107	-16	-51	-16	-58	+8	-27	+8	-34
				-59	-100	-21	-46	-22	-52	+3	-22	+2	-28
120	180	-25	0	-85	-125	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39
				-60	-125	-18	-61	-18	-68	+11	-32	+11	-39
				-68	-117	-24	-55	-25	-61	+5	-26	+4	-32
180	250	-30	0	-100	-146	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44
				-70	-146	-20	-70	-20	-79	+15	-35	+15	-44
				-80	-136	-26	-64	-28	-71	+9	-29	+7	-36
250	315	-35	0	-110	-162	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49
				-75	-162	-21	-79	-21	-88	+18	-40	+18	-49
				-87	-150	-29	-71	-30	-79	+10	-32	+9	-40
315	400	-40	0	-125	-182	-62	-87	-62	-98	-18	-43	-18	-54
				-85	-182	-22	-87	-22	-98	+22	-43	+22	-54
				-98	-169	-30	-79	-33	-87	+14	-35	+11	-43
400	500	-45	0	-135	-198	-68	-95	-68	-108	-20	-47	-20	-60
				-90	-198	-23	-95	-23	-108	+25	-47	+25	-60
				-105	-183	-32	-86	-35	-96	+16	-38	+13	-48

Úchyly průměru hřídele a výsledná uložení



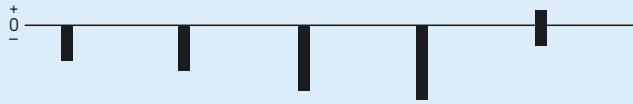
Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				e7		f5		f6		g5		g6	
				Úchytky (průměr hřídele)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	min	max										
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	-145	-215	-76	-104	-76	-120	-22	-50	-22	-66
				-95	-215	-26	-104	-26	-120	+28	-50	+28	-66
				-111	-199	-36	-94	-39	-107	+18	-40	+15	-53
630	800	-75	0	-160	-240	-80	-112	-80	-130	-24	-56	-24	-74
				-85	-240	-5	-112	-5	-130	+51	-56	+51	-74
				-107	-218	-17	-100	-22	-113	+39	-44	+34	-57
800	1 000	-100	0	-170	-260	-86	-122	-86	-142	-26	-62	-26	-82
				-70	-260	+14	-122	+14	-142	+74	-62	+74	-82
				-97	-233	0	-108	-6	-122	+60	-48	+54	-62
1 000	1 250	-125	0	-195	-300	-98	-140	-98	-164	-28	-70	-28	-94
				-70	-300	+27	-140	+27	-164	+97	-70	+97	-94
				-103	-267	+10	-123	+3	-140	+80	-53	+73	-70
1 250	1 600	-160	0	-220	-345	-110	-160	-110	-188	-30	-80	-30	-108
				-60	-345	+50	-160	+50	-188	+130	-80	+130	-108
				-100	-305	+29	-139	+20	-158	+109	-59	+100	-78
1 600	2 000	-200	0	-240	-390	-120	-180	-120	-212	-32	-92	-32	-124
				-40	-390	+80	-180	+80	-212	+168	-92	+168	-124
				-90	-340	+55	-155	+45	-177	+143	-67	+133	-89

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení



Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				h5		h6		h8		h9		j5	
				Úchytky (průměr hřídele)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	min	max	Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
1	3	-8	0	0	-4	0	-6	0	-14	0	-25	+2	-2
				+8	-4	+8	-6	+8	-14	+8	-25	+10	-2
				+7	-3	+6	-4	+6	-12	+5	-22	+9	-1
3	6	-8	0	0	-5	0	-8	0	-18	0	-30	+3	-2
				+8	-5	+8	-8	+8	-18	+8	-30	+11	-2
				+7	-4	+6	-6	+5	-15	+5	-27	+10	-1
6	10	-8	0	0	-6	0	-9	0	-22	0	-36	+4	-2
				+8	-6	+8	-9	+8	-22	+8	-36	+12	-2
				+6	-4	+6	-7	+5	-19	+5	-33	+10	0
10	18	-8	0	0	-8	0	-11	0	-27	0	-43	+5	-3
				+8	-8	+8	-11	+8	-27	+8	-43	+13	-3
				+6	-6	+6	-9	+5	-24	+5	-40	+11	-1
18	30	-10	0	0	-9	0	-13	0	-33	0	-52	+5	-4
				+10	-9	+10	-13	+10	-33	+10	-52	+15	-4
				+8	-7	+7	-10	+6	-29	+6	-48	+13	-2
30	50	-12	0	0	-11	0	-16	0	-39	0	-62	+6	-5
				+12	-11	+12	-16	+12	-39	+12	-62	+18	-5
				+9	-8	+8	-12	+7	-34	+7	-57	+15	-2
50	80	-15	0	0	-13	0	-19	0	-46	0	-74	+6	-7
				+15	-13	+15	-19	+15	-46	+15	-74	+21	-7
				+11	-9	+11	-15	+9	-40	+9	-68	+17	-3
80	120	-20	0	0	-15	0	-22	0	-54	0	-87	+6	-9
				+20	-15	+20	-22	+20	-54	+20	-87	+26	-9
				+15	-10	+14	-16	+12	-46	+12	-79	+21	-4
120	180	-25	0	0	-18	0	-25	0	-63	0	-100	+7	-11
				+25	-18	+25	-25	+25	-63	+25	-100	+32	-11
				+19	-12	+18	-18	+15	-53	+15	-90	+26	-5
180	250	-30	0	0	-20	0	-29	0	-72	0	-115	+7	-13
				+30	-20	+30	-29	+30	-72	+30	-115	+37	-13
				+24	-14	+22	-21	+18	-60	+17	-102	+31	-7
250	315	-35	0	0	-23	0	-32	0	-81	0	-130	+7	-16
				+35	-23	+35	-32	+35	-81	+35	-130	+42	-16
				+27	-15	+26	-23	+22	-68	+20	-115	+34	-8
315	400	-40	0	0	-25	0	-36	0	-89	0	-140	+7	-18
				+40	-25	+40	-36	+40	-89	+40	-140	+47	-18
				+32	-17	+29	-25	+25	-74	+23	-123	+39	-10
400	500	-45	0	0	-27	0	-40	0	-97	0	-155	+7	-20
				+45	-27	+45	-40	+45	-97	+45	-155	+52	-20
				+36	-18	+33	-28	+28	-80	+26	-136	+43	-11

Úchyly průměru hřídele a výsledná uložení



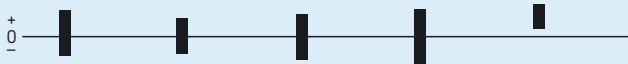
Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				h5		h6		h8		h9		j5	
				Úchytky (průměr hřídele)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	min	max	Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	0	-28	0	-44	0	-110	0	-175	-	-
				+50	-28	+50	-44	+50	-110	+50	-175	-	-
				+40	-18	+37	-31	+31	-91	+29	-154	-	-
630	800	-75	0	0	-32	0	-50	0	-125	0	-200	-	-
				+75	-32	+75	-50	+75	-125	+75	-200	-	-
				+63	-20	+58	-33	+48	-98	+45	-170	-	-
800	1 000	-100	0	0	-36	0	-56	0	-140	0	-230	-	-
				+100	-36	+100	-56	+100	-140	+100	-230	-	-
				+86	-22	+80	-36	+67	-107	+61	-191	-	-
1 000	1 250	-125	0	0	-42	0	-66	0	-165	0	-260	-	-
				+125	-42	+125	-66	+125	-165	+125	-260	-	-
				+108	-25	+101	-42	+84	-124	+77	-212	-	-
1 250	1 600	-160	0	0	-50	0	-78	0	-195	0	-310	-	-
				+160	-50	+160	-78	+160	-195	+160	-310	-	-
				+139	-29	+130	-48	+109	-144	+100	-250	-	-
1 600	2 000	-200	0	0	-60	0	-92	0	-230	0	-370	-	-
				+200	-60	+200	-92	+200	-230	+200	-370	-	-
				+175	-35	+165	-57	+138	-168	+126	-296	-	-

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení



Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				j6		js5		js6		js7		k4	
				Úchytky (průměr hřídele)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	min	max	Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
1	3	-8	0	+4	-2	+2	-2	+3	-3	+5	-5	+3	0
				+12	-2	+10	-2	+11	-3	+13	-5	+11	0
				+10	0	+9	-1	+9	-1	+11	-3	+10	+1
3	6	-8	0	+6	-2	+2,5	-2,5	+4	-4	+6	-6	+5	+1
				+14	-2	+10,5	-2,5	+12	-4	+14	-6	+13	+1
				+12	0	+9	-1	+10	-2	+12	-4	+12	+2
6	10	-8	0	+7	-2	+3	-3	+4,5	-4,5	+7,5	-7,5	+5	+1
				+15	-2	+11	-3	+12,5	-4,5	+15,5	-7,5	+13	+1
				+13	0	+9	-1	+11	-3	+13	-5	+12	+2
10	18	-8	0	+8	-3	+4	-4	+5,5	-5,5	+9	-9	+6	+1
				+16	-3	+12	-4	+13,5	-5,5	+17	-9	+14	+1
				+14	-1	+10	-2	+11	-3	+14	-6	+13	+2
18	30	-10	0	+9	-4	+4,5	-4,5	+6,5	-6,5	+10,5	-10,5	+8	+2
				+19	-4	+14,5	-4,5	+16,5	-6,5	+20,5	-10,5	+18	+2
				+16	-1	+12	-2	+14	-4	+17	-7	+16	+4
30	50	-12	0	+11	-5	+5,5	-5,5	+8	-8	+12,5	-12,5	+9	+2
				+23	-5	+17,5	-5,5	+20	-8	+24,5	-12,5	+21	+2
				+19	-1	+15	-3	+16	-4	+20	-8	+19	+4
50	80	-15	0	+12	-7	+6,5	-6,5	+9,5	-9,5	+15	-15	+10	+2
				+27	-7	+21,5	-6,5	+24,5	-9,5	+30	-15	+25	+2
				+23	-3	+18	-3	+20	-5	+25	-10	+22	+5
80	120	-20	0	+13	-9	+7,5	-7,5	+11	-11	+17,5	-17,5	+13	+3
				+33	-9	+27,5	-7,5	+31	-11	+37,5	-17,5	+33	+3
				+27	-3	+23	-3	+25	-5	+31	-11	+30	+6
120	180	-25	0	+14	-11	+9	-9	+12,5	-12,5	+20	-20	+15	+3
				+39	-11	+34	-9	+37,5	-12,5	+45	-20	+40	+3
				+32	-4	+28	-3	+31	-6	+37	-12	+36	+7
180	250	-30	0	+16	-13	+10	-10	+14,5	-14,5	+23	-23	+18	+4
				+46	-13	+40	-10	+44,5	-14,5	+53	-23	+48	+4
				+38	-5	+34	-4	+36	-6	+43	-13	+43	+9
250	315	-35	0	+16	-16	+11,5	-11,5	+16	-16	+26	-26	+20	+4
				+51	-16	+46,5	-11,5	+51	-16	+61	-26	+55	+4
				+42	-7	+39	-4	+42	-7	+49	-14	+49	+10
315	400	-40	0	+18	-18	+12,5	-12,5	+18	-18	+28,5	-28,5	+22	+4
				+58	-18	+52,5	-12,5	+58	-18	+68,5	-28,5	+62	+4
				+47	-7	+44	-4	+47	-7	+55	-15	+55	+11
400	500	-45	0	+20	-20	+13,5	-13,5	+20	-20	+31,5	-31,5	+25	+5
				+65	-20	+58,5	-13,5	+65	-20	+76,5	-31,5	+70	+5
				+53	-8	+49	-4	+53	-8	+62	-17	+63	-12

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení



Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance																			
				j6				js5				js6				js7				k4			
				Úchytky (průměr hřídele)																			
				Teoretický přesah (+)/vůle (–)																			
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (–)																			
přes	včetně	min	max																				
mm		μm		μm																			
500	630	–50	0	+22	–22	+14	–14	+22	–22	+35	–35	–	–										
				+72	–22	+64	–14	+72	–22	+85	–35	–	–										
				+59	–9	+54	–4	+59	–9	+69	–19	–	–										
630	800	–75	0	+25	–25	+16	–16	+25	–25	+40	–40	–	–										
				+100	–25	+91	–16	+100	–25	+115	–40	–	–										
				+83	–8	+79	–4	+83	–8	+93	–18	–	–										
800	1 000	–100	0	+28	–28	+18	–18	+28	–28	+45	–45	–	–										
				+128	–28	+118	–18	+128	–28	+145	–45	–	–										
				+108	–8	+104	–4	+108	–8	+118	–18	–	–										
1 000	1 250	–125	0	+33	–33	+21	–21	+33	–33	+52	–52	–	–										
				+158	–33	+146	–21	+158	–33	+177	–52	–	–										
				+134	–9	+129	–4	+134	–9	+145	–20	–	–										
1 250	1 600	–160	0	+39	–39	+25	–25	+39	–39	+62	–62	–	–										
				+199	–39	+185	–25	+199	–39	+222	–62	–	–										
				+169	–9	+164	–4	+169	–9	+182	–22	–	–										
1 600	2 000	–200	0	+46	–46	+30	–30	+46	–46	+75	–75	–	–										
				+246	–46	+230	–30	+246	–46	+275	–75	–	–										
				+211	–11	+205	–5	+211	–11	+225	–25	–	–										

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení



Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance																					
				k5				k6				m5				m6				n5					
				Úchytky (průměr hřídele)																					
přes		včetně		Teoretický přesah (+)/vůle (–)																					
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (–)																					
mm		μm		μm																					
1	3	–8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4	+12	0	+14	+2	+16	+2	+16	+4	+11	+1	+12	+2
				+12	0	+14	0	+14	+2	+16	+2	+16	+4	+11	+1	+12	+2	+14	+4	+15	+5	+13	+2	+15	+3
3	6	–8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8	+14	+1	+17	+4	+20	+4	+21	+8	+14	+1	+17	+1
				+14	+1	+17	+1	+17	+4	+20	+4	+21	+8	+13	+2	+15	+3	+18	+6	+20	+9	+19	+4	+22	+5
6	10	–8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10	+15	+1	+18	+1	+20	+6	+23	+10	+13	+3	+16	+3
				+15	+1	+18	+1	+20	+6	+23	+6	+24	+10	+13	+3	+16	+3	+18	+8	+21	+12	+19	+4	+22	+5
10	18	–8	0	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12	+17	+1	+20	+1	+23	+7	+26	+12	+15	+3	+18	+3
				+17	+1	+20	+1	+23	+7	+26	+7	+28	+12	+15	+3	+18	+3	+21	+9	+24	+14	+19	+4	+22	+5
18	30	–10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15	+21	+2	+25	+2	+27	+8	+31	+15	+19	+4	+22	+5
				+21	+2	+25	+2	+27	+8	+31	+8	+34	+15	+21	+2	+25	+2	+27	+10	+28	+17	+19	+4	+22	+5
30	50	–12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	+25	+2	+30	+2	+32	+9	+37	+17	+25	+2	+30	+2
				+25	+2	+30	+2	+32	+9	+37	+9	+40	+17	+22	+5	+26	+6	+29	+12	+33	+20	+22	+5	+26	+6
50	80	–15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	+30	+2	+36	+2	+39	+11	+45	+20	+30	+2	+36	+2
				+30	+2	+36	+2	+39	+11	+45	+11	+48	+20	+26	+6	+32	+6	+35	+15	+41	+24	+26	+6	+32	+6
80	120	–20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	+38	+3	+45	+3	+48	+13	+55	+23	+38	+3	+45	+3
				+38	+3	+45	+3	+48	+13	+55	+13	+58	+23	+33	+8	+39	+9	+43	+18	+49	+28	+33	+8	+39	+9
120	180	–25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	+46	+3	+53	+3	+58	+15	+65	+27	+40	+9	+46	+10
				+46	+3	+53	+3	+58	+15	+65	+15	+70	+27	+40	+9	+46	+10	+52	+21	+58	+33	+40	+9	+46	+10
180	250	–30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	+54	+4	+63	+4	+67	+17	+76	+31	+54	+4	+63	+4
				+54	+4	+63	+4	+67	+17	+76	+17	+81	+31	+48	+10	+55	+12	+61	+23	+68	+37	+48	+10	+55	+12
250	315	–35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	+62	+4	+71	+4	+78	+20	+87	+34	+62	+4	+71	+4
				+54	+12	+62	+13	+70	+28	+78	+29	+84	+42	+54	+12	+62	+13	+70	+28	+78	+42	+54	+12	+62	+13
315	400	–40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37	+69	+4	+80	+4	+86	+21	+97	+37	+69	+4	+80	+4
				+61	+12	+69	+15	+78	+29	+86	+32	+94	+45	+61	+12	+69	+15	+78	+29	+86	+45	+61	+12	+69	+15
400	500	–45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40	+77	+5	+90	+5	+95	+23	+108	+40	+77	+5	+90	+5
				+68	+14	+78	+17	+86	+32	+96	+35	+103	+49	+68	+14	+78	+17	+86	+32	+96	+49	+68	+14	+78	+17

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení



Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance														
				k5			k6			m5			m6			n5		
				Úchytky (průměr hřídele)														
přes		včetně		Teoretický přesah (+)/vůle (-)														
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)														
mm		μm		μm														
500	630	-50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44					
				+78	0	+94	0	+105	+26	+120	+26	+122	+44					
				+68	+10	+81	+13	+94	+36	+107	+39	+112	+54					
630	800	-75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50					
				+107	0	+125	0	+137	+30	+155	+30	+157	+50					
				+95	+12	+108	+17	+125	+42	+138	+47	+145	+62					
800	1 000	-100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56					
				+136	0	+156	0	+170	+34	+190	+34	+192	+56					
				+122	+14	+136	+20	+156	+48	+170	+54	+178	+70					
1 000	1 250	-125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66					
				+167	0	+191	0	+207	+40	+231	+40	+233	+66					
				+150	+17	+167	+24	+190	+57	+207	+64	+216	+83					
1 250	1 600	-160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78					
				+210	0	+238	0	+258	+48	+286	+48	+288	+78					
				+189	+21	+208	+30	+237	+69	+256	+78	+267	+99					
1 600	2 000	-200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92					
				+260	0	+292	0	+318	+58	+350	+58	+352	+92					
				+235	+25	+257	+35	+293	+83	+315	+93	+327	+117					

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení

Hřídel Jmenovitý průměr d		Ložisko Tolerance průměru díry Δ _{dmp}		Úchytky průměru hřídele, výsledná uložení Tolerance									
				n6		p6		p7		r6		r7	
přes		včetně		Úchytky (průměr hřídele)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
80	100	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				+65	+23	+79	+37	+92	+37	+93	+51	+106	+51
				+59	+29	+73	+43	+85	+44	+87	+57	+99	+58
100	120	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				+65	+23	+79	+37	+92	+37	+96	+54	+109	+54
				+59	+29	+73	+43	+85	+44	+90	+60	+102	+61
120	140	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				+77	+27	+93	+43	+108	+43	+113	+63	+128	+63
				+70	+34	+86	+50	+100	+51	+106	+70	+120	+71
140	160	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				+77	+27	+93	+43	+108	+43	+115	+65	+130	+65
				+70	+34	+86	+50	+100	+51	+108	+72	+122	+73
160	180	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				+77	+27	+93	+43	+108	+43	+118	+68	+133	+68
				+70	+34	+86	+50	+100	+51	+111	+75	+125	+76
180	200	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
				+90	+31	+109	+50	+126	+50	+136	+77	+153	+77
				+82	+39	+101	+58	+116	+60	+128	+85	+143	+87
200	225	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
				+90	+31	+109	+50	+126	+50	+139	+80	+156	+80
				+82	+39	+101	+58	+116	+60	+131	+88	+146	+90
225	250	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
				+90	+31	+109	+50	+126	+50	+143	+84	+160	+84
				+82	+39	+101	+58	+116	+60	+135	+92	+150	+94
250	280	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
				+101	+34	+123	+56	+143	+56	+161	+94	+181	+94
				+92	+43	+114	+65	+131	+68	+152	+103	+169	+106
280	315	-35	0	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
				+101	+34	+123	+56	+143	+56	+165	+98	+185	+98
				+92	+43	+114	+65	+131	+68	+156	+107	+173	+110
315	355	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
				+113	+37	+138	+62	+159	+62	+184	+108	+205	+108
				+102	+48	+127	+73	+146	+75	+173	+119	+192	+121
355	400	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
				+113	+37	+138	+62	+159	+62	+190	+114	+211	+114
				+102	+48	+127	+73	+146	+75	+179	+125	+198	+127
400	450	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
				+125	+40	+153	+68	+176	+68	+211	+126	+234	+126
				+113	+52	+141	+80	+161	+83	+199	+138	+219	+141

Úchytky průměru hřídele a výsledná uložení

</

Úchyšky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchyšky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance									
				F7		G6		G7		H5		H6	
				Úchyšky (průměr díry tělesa)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	max	min	Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				-13	-36	-5	-22	-5	-28	0	-14	0	-17
				-16	-33	-7	-20	-8	-25	-2	-12	-2	-15
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				-16	-42	-6	-25	-6	-32	0	-16	0	-19
				-19	-39	-8	-23	-9	-29	-2	-14	-2	-17
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	+0	+13
				-20	-50	-7	-29	-7	-37	0	-18	0	-22
				-23	-47	-10	-26	-10	-34	-2	-16	-3	-19
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				-25	-61	-9	-36	-9	-45	0	-22	0	-27
				-29	-57	-12	-33	-13	-41	-3	-19	-3	-24
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				-30	-73	-10	-42	-10	-53	0	-26	0	-32
				-35	-68	-14	-38	-15	-48	-3	-23	-4	-28
80	120	0	-15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				-36	-86	-12	-49	-12	-62	0	-30	0	-37
				-41	-81	-17	-44	-17	-57	-4	-26	-5	-32
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				-43	-101	-14	-57	-14	-72	0	-36	0	-43
				-50	-94	-20	-51	-21	-65	-5	-31	-6	-37
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				-43	-108	-14	-64	-14	-79	0	-43	0	-50
				-51	-100	-21	-57	-22	-71	-6	-37	-7	-43
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				-50	-126	-15	-74	-15	-91	0	-50	0	-59
				-60	-116	-23	-66	-25	-81	-6	-44	-8	-51
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				-56	-143	-17	-84	-17	-104	0	-58	0	-67
				-68	-131	-26	-75	-29	-92	-8	-50	-9	-58
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				-62	-159	-18	-94	-18	-115	0	-65	0	-76
				-75	-146	-29	-83	-31	-102	-8	-57	-11	-65
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				-68	-176	-20	-105	-20	-128	0	-72	0	-85
				-83	-161	-32	-93	-35	-113	-9	-63	-12	-73
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				-76	-196	-22	-116	-22	-142	0	-78	0	-94
				-92	-180	-35	-103	-38	-126	-10	-68	-13	-81

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ_{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance											
				F7 G6 G7 H5 H6											
				Úchytky (průměr díry tělesa)											
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)											
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)											
přes	včetně	max	min	μm											
mm		μm		μm											
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50		
				-80	-235	-24	-149	-24	-179	0	-107	0	-125		
				-102	-213	-41	-132	-46	-157	-12	-95	-17	-108		
800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56		
				-86	-276	-26	-182	-26	-216	0	-136	0	-156		
				-113	-249	-46	-162	-53	-189	-14	-122	-20	-136		
1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66		
				-98	-328	-28	-219	-28	-258	0	-167	0	-191		
				-131	-295	-52	-195	-61	-225	-17	-150	-24	-167		
1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78		
				-110	-395	-30	-268	-30	-315	0	-210	0	-238		
				-150	-355	-60	-238	-70	-275	-21	-189	-30	-208		
1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92		
				-120	-470	-32	-324	-32	-382	0	-260	0	-292		
				-170	-420	-67	-289	-82	-332	-25	-235	-35	-257		
2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110		
				-130	-555	-34	-394	-34	-459	0	-320	0	-360		
				-189	-496	-77	-351	-93	-400	-30	-290	-43	-317		

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



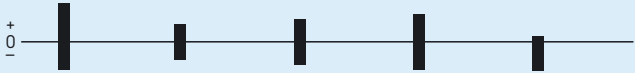
Těleso		Ložisko		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení									
Jmenovitý průměr D		Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Tolerance									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Úchytky (průměr díry tělesa)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	max	min										
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	-4	+5
				0	-23	0	-30	0	-44	0	-66	+4	-13
				-3	-20	-3	-27	-3	-41	-3	-63	+2	-11
10	18	0	-8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	-5	+6
				0	-26	0	-35	0	-51	0	-78	+5	-14
				-3	-23	-3	-32	-3	-48	-3	-75	+3	-12
18	30	0	-9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	-5	+8
				0	-30	0	-42	0	-61	0	-93	+5	-17
				-3	-27	-3	-39	-4	-57	-4	-89	+2	-14
30	50	0	-11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	-6	+10
				0	-36	0	-50	0	-73	0	-111	+6	-21
				-4	-32	-4	-46	-5	-68	-5	-106	+3	-18
50	80	0	-13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	-6	+13
				0	-43	0	-59	0	-87	0	-133	+6	-26
				-5	-38	-5	-54	-5	-82	-6	-127	+2	-22
80	120	0	-15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	-6	+16
				0	-50	0	-69	0	-102	0	-155	+6	-31
				-5	-45	-6	-63	-6	-96	-7	-148	+1	-26
120	150	0	-18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	-58	0	-81	0	-118	0	-178	+7	-36
				-7	-51	-7	-74	-8	-110	-8	-170	+1	-30
150	180	0	-25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	-65	0	-88	0	-125	0	-185	+7	-43
				-8	-57	-10	-78	-10	-115	-11	-174	0	-36
180	250	0	-30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	-7	+22
				0	-76	0	-102	0	-145	0	-215	+7	-52
				-10	-66	-12	-90	-13	-132	-13	-202	-1	-44
250	315	0	-35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	-7	+25
				0	-87	0	-116	0	-165	0	-245	+7	-60
				-12	-75	-13	-103	-15	-150	-16	-229	-2	-51
315	400	0	-40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	-7	+29
				0	-97	0	-129	0	-180	0	-270	+7	-69
				-13	-84	-15	-114	-17	-163	-18	-252	-4	-58
400	500	0	-45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	-7	+33
				0	-108	0	-142	0	-200	0	-295	+7	-78
				-15	-93	-17	-125	-19	-181	-20	-275	-5	-66
500	630	0	-50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	-	-
				0	-120	0	-160	0	-225	0	-330	-	-
				-16	-104	-19	-141	-21	-204	-22	-308	-	-

Úchyšky průměru díry tělesa a výsledná uložení



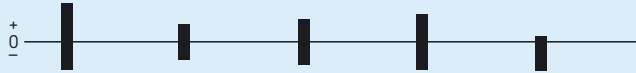
Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance											
				H7		H8		H9		H10		J6			
				Úchytky (průměr díry tělesa)											
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)											
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)											
přes	včetně	max	min												
mm		μm		μm											
630	800	0	-75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-		
				0	-155	0	-200	0	-275	0	-395	-	-		
				-22	-133	-27	-173	-30	-245	-33	-362	-	-		
800	1 000	0	-100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	-	-		
				0	-190	0	-240	0	-330	0	-460	-	-		
				-27	-163	-33	-207	-39	-291	-43	-417	-	-		
1 000	1 250	0	-125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	-	-		
				0	-230	0	-290	0	-385	0	-545	-	-		
				-33	-197	-41	-249	-48	-337	-53	-492	-	-		
1 250	1 600	0	-160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	-	-		
				0	-285	0	-355	0	-470	0	-660	-	-		
				-40	-245	-51	-304	-60	-410	-67	-593	-	-		
1 600	2 000	0	-200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	-	-		
				0	-350	0	-430	0	-570	0	-800	-	-		
				-50	-300	-62	-368	-74	-496	-83	-717	-	-		
2 000	2 500	0	-250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-		
				0	-425	0	-530	0	-690	0	-950	-	-		
				-59	-366	-77	-453	-91	-599	-103	-847	-	-		

Úchyvky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso		Ložisko		Úchyvky průměru díry tělesa, výsledná uložení									
Jmenovitý průměr D		Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Tolerance									
				J7 JS5 JS6 JS7 K5									
				Úchyvky (průměr díry tělesa)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	max	min										
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	-7	+8	-3	+3	-4,5	+4,5	-7,5	+7,5	-5	+1
				+7	-16	+3	-11	+4,5	-12,5	+7,5	-15,5	+5	-9
				+4	-13	+1	-9	+3	-11	+5	-13	+3	-7
10	18	0	-8	-8	+10	-4	+4	-5,5	+5,5	-9	+9	-6	+2
				+8	-18	+4	-12	+5,5	-13,5	+9	-17	+6	-10
				+5	-15	+2	-10	+3	-11	+6	-14	+4	-8
18	30	0	-9	-9	+12	-4,5	+4,5	-6,5	+6,5	-10,5	+10,5	-8	+1
				+9	-21	+4,5	-13,5	+6,5	-15,5	+10,5	-19,5	+8	-10
				+6	-18	+2	-11	+4	-13	+7	-16	+6	-8
30	50	0	-11	-11	+14	-5,5	+5,5	-8	+8	-12,5	+12,5	-9	+2
				+11	-25	+5,5	-16,5	+8	-19	+12,5	-23,5	+9	-13
				+7	-21	+3	-14	+5	-16	+9	-20	+6	-10
50	80	0	-13	-12	+18	-6,5	+6,5	-9,5	+9,5	-15	+15	-10	+3
				+12	-31	+6,5	-19,5	+9,5	-22,5	+15	-28	+10	-16
				+7	-26	+3	-16	+6	-19	+10	-23	+7	-13
80	120	0	-15	-13	+22	-7,5	+7,5	-11	+11	-17,5	+17,5	-13	+2
				+13	-37	+7,5	-22,5	+11	-26	+17,5	-32,5	+13	-17
				+8	-32	+4	-19	+6	-21	+12	-27	+9	-13
120	150	0	-18	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				+14	-44	+9	-27	+12,5	-30,5	+20	-38	+15	-21
				+7	-37	+4	-22	+7	-25	+13	-31	+10	-16
150	180	0	-25	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				+14	-51	+9	-34	+12,5	-37,5	+20	-45	+15	-28
				+6	-43	+3	-28	+6	-31	+12	-37	+9	-22
180	250	0	-30	-16	+30	-10	+10	-14,5	+14,5	-23	+23	-18	+2
				+16	-60	+10	-40	+14,5	-44,5	+23	-53	+18	-32
				+6	-50	+4	-34	+6	-36	+13	-43	+12	-26
250	315	0	-35	-16	+36	-11,5	+11,5	-16	+16	-26	+26	-20	+3
				+16	-71	+11,5	-46,5	+16	+51	+26	-61	+20	-38
				+4	-59	+4	-39	+7	-42	+14	-49	+12	-30
315	400	0	-40	-18	+39	-12,5	+12,5	-18	+18	-28,5	+28,5	-22	+3
				+18	-79	+12,5	-52,5	+18	-58	+28,5	-68,5	+22	-43
				+5	-66	+4	-44	+7	-47	+15	-55	+14	-35
400	500	0	-45	-20	+43	-13,5	+13,5	-20	+20	-31,5	+31,5	-25	+2
				+20	-88	+13,5	-58,5	+20	-65	+31,5	-76,5	+25	-47
				+5	-73	+4	-49	+8	-53	+17	-62	+16	-38
500	630	0	-50	-	-	-14	+14	-22	+22	-35	+35	-	-
				-	-	+14	-64	+22	-72	+35	-85	-	-
				-	-	+4	-54	+9	-59	+19	-69	-	-

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance									
				J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Úchytky (průměr díry tělesa)									
přes	včetně	max	min	Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
mm		μm		μm									
630	800	0	-75	-	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-	-
				-	-	+16	-91	+25	-100	+40	-115	-	-
				-	-	+4	-79	+8	-83	+18	-93	-	-
800	1 000	0	-100	-	-	-18	+18	-28	+28	-45	+45	-	-
				-	-	+18	-118	+28	-128	+45	-145	-	-
				-	-	+4	-104	+8	-108	+18	-118	-	-
1 000	1 250	0	-125	-	-	-21	+21	-33	+33	-52	+52	-	-
				-	-	+21	-146	+33	-158	+52	-177	-	-
				-	-	+4	-129	+9	-134	+20	-145	-	-
1 250	1 600	0	-160	-	-	-25	+25	-39	+39	-62	+62	-	-
				-	-	+25	-185	+39	-199	+62	-222	-	-
				-	-	+4	-164	+9	-169	+22	-182	-	-
1 600	2 000	0	-200	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-
				-	-	+30	-230	+46	-246	+75	-275	-	-
				-	-	+5	-205	+11	-211	+25	-225	-	-
2 000	2 500	0	-250	-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-
				-	-	+35	-285	+55	-305	+87	-337	-	-
				-	-	+5	-255	+12	-262	+28	-278	-	-

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Nominál průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance																				
				K6				K7				M5				M6				M7				
				Úchytky (průměr díry tělesa)																				
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)																				
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)																				
přes	včetně	max	min																					
mm		μm		μm																				
6	10	0	-8	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0											
				+7	-10	+10	-13	+10	-4	+12	-5	+15	-8											
				+5	-8	+7	-10	+8	-2	+10	-3	+12	-5											
10	18	0	-8	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0											
				+9	-10	+12	-14	+12	-4	+15	-4	+18	-8											
				+7	-8	+9	-11	+10	-2	+13	-2	+15	-5											
18	30	0	-9	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0											
				+11	-11	+15	-15	+14	-4	+17	-5	+21	-9											
				+8	-8	+12	-12	+12	-2	+14	-2	+18	-6											
30	50	0	-11	-13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25	0											
				+13	-14	+18	-18	+16	-6	+20	-7	+25	-11											
				+10	-11	+14	-14	+13	-3	+17	-4	+21	-7											
50	80	0	-13	-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0											
				+15	-17	+21	-22	+19	-7	+24	-8	+30	-13											
				+11	-13	+16	-17	+16	-4	+20	-4	+25	-8											
80	120	0	-15	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0											
				+18	-19	+25	-25	+23	-7	+28	-9	+35	-15											
				+13	-14	+20	-20	+19	-3	+23	-4	+30	-10											
120	150	0	-18	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0											
				+21	-22	+28	-30	+27	-9	+33	-10	+40	-18											
				+15	-16	+21	-23	+22	-4	+27	-4	+33	-11											
150	180	0	-25	-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0											
				+21	-29	+28	-37	+27	-16	+33	-17	+40	-25											
				+14	-22	+20	-29	+21	-10	+26	-10	+32	-17											
180	250	0	-30	-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0											
				+24	-35	+33	-43	+31	-19	+37	-22	+46	-30											
				+16	-27	+23	-33	+25	-13	+29	-14	+36	-20											
250	315	0	-35	-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0											
				+27	-40	+36	-51	+36	-22	+41	-26	+52	-35											
				+18	-31	+24	-39	+28	-14	+32	-17	+40	-23											
315	400	0	-40	-29	+7	-40	+17	-39	-14	-46	-10	-57	0											
				+29	-47	+40	-57	+39	-26	+46	-30	+57	-40											
				+18	-36	+27	-44	+31	-18	+35	-19	+44	-27											
400	500	0	-45	-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0											
				+32	-53	+45	-63	+43	-29	+50	-35	+63	-45											
				+20	-41	+30	-48	+34	-20	+38	-23	+48	-30											
500	630	0	-50	-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26											
				+44	-50	+70	-50	-	-	+70	-24	+96	-24											
				+31	-37	+54	-34	-	-	+57	-11	+80	-8											

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



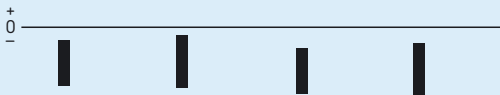
Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance									
				K6		K7		M5		M6		M7	
				Úchytky (průměr díry tělesa)									
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)									
				Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)									
přes	včetně	max	min										
mm		μm		μm									
630	800	0	-75	-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30
				+50	-75	+80	-75	-	-	+80	-45	+110	-45
				+33	-58	+58	-53	-	-	+63	-28	+88	-23
800	1 000	0	-100	-56	0	-90	0	-	-	-90	-34	-124	-34
				+56	-100	+90	-100	-	-	+90	-66	+124	-66
				+36	-80	+63	-73	-	-	+70	-46	+97	-39
1 000	1 250	0	-125	-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40
				+66	-125	+105	-125	-	-	+106	-85	+145	-85
				+42	-101	+72	-92	-	-	+82	-61	+112	-52
1 250	1 600	0	-160	-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48
				+78	-160	+125	-160	-	-	+126	-112	+173	-112
				+48	-130	+85	-120	-	-	+96	-82	+133	-72
1 600	2 000	0	-200	-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58
				+92	-200	+150	-200	-	-	+150	-142	+208	-142
				+57	-165	+100	-150	-	-	+115	-107	+158	-92
2 000	2 500	0	-250	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68
				+110	-250	+175	-250	-	-	+178	-182	+243	-182
				+67	-207	+116	-191	-	-	+135	-139	+184	-123

Úchyšky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance							
				N6		N7		P6		P7	
				Úchytky (průměr díry tělesa)							
				Teoretický přesah (+)/vůle (-)							
přes	včetně	max	min	Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)							
mm		μm		μm							
6	10	0	-8	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9
				+16	-1	+19	-4	+21	+4	+24	+1
				+14	+1	+16	-1	+19	+6	+21	+4
10	18	0	-8	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11
				+20	+1	+23	-3	+26	+7	+29	+3
				+18	+3	+20	0	+24	+9	+26	+6
18	30	0	-9	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14
				+24	+2	+28	-2	+31	+9	+35	+5
				+21	+5	+25	+1	+28	+12	+32	+8
30	50	0	-11	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17
				+28	+1	+33	-3	+37	+10	+42	+6
				+25	+4	+29	+1	+34	+13	+38	+10
50	80	0	-13	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21
				+33	+1	+39	-4	+45	+13	+51	+8
				+29	+5	+34	+1	+41	+17	+46	+13
80	120	0	-15	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24
				+38	+1	+45	-5	+52	+15	+59	+9
				+33	+6	+40	0	+47	+20	+54	+14
120	150	0	-18	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
				+45	+2	+52	-6	+61	+18	+68	+10
				+39	+8	+45	+1	+55	+24	+61	+17
150	180	0	-25	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
				+45	-5	+52	-13	+61	+11	+68	+3
				+38	+2	+44	-5	+54	+18	+60	+11
180	250	0	-30	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33
				+51	-8	+60	-16	+70	+11	+79	+3
				+43	0	+50	-6	+62	+19	+69	+13
250	315	0	-35	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36
				+57	-10	+66	-21	+79	+12	+88	+1
				+48	-1	+54	-9	+70	+21	+76	+13
315	400	0	-40	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41
				+62	-14	+73	-24	+87	+11	+98	+1
				+51	-3	+60	-11	+76	+22	+85	+14
400	500	0	-45	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45
				+67	-18	+80	-28	+95	+10	+108	0
				+55	-6	+65	-13	+83	+22	+93	+15
500	630	0	-50	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78
				+88	-6	+114	-6	+122	+28	+148	+28
				+75	+7	+98	+10	+109	+41	+132	+44

Úchytky průměru díry tělesa a výsledná uložení



Těleso Jmenovitý průměr D		Ložisko Tolerance vnějšího průměru Δ _{Dmp}		Úchytky průměru díry tělesa, výsledná uložení Tolerance							
				N6		N7		P6		P7	
Úchytky (průměr díry tělesa)											
Teoretický přesah (+)/vůle (-)											
Pravděpodobný přesah (+)/vůle (-)											
přes	včetně	max	min								
mm		μm		μm							
630	800	0	-75	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88
				+100	-25	+130	-25	+138	+13	+168	+13
				+83	-8	+108	-3	+121	+30	+146	+35
800	1 000	0	-100	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100
				+112	-44	+146	-44	+156	0	+190	0
				+92	-24	+119	-17	+136	+20	+163	+27
1 000	1 250	0	-125	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120
				+132	-59	+171	-59	+186	-5	+225	-5
				+108	-35	+138	-26	+162	+19	+192	+28
1 250	1 600	0	-160	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140
				+156	-82	+203	-82	+218	-20	+265	-20
				+126	-52	+163	-42	+188	+10	+225	+20
1 600	2 000	0	-200	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170
				+184	-108	+242	-108	+262	-30	+320	-30
				+149	-73	+192	-58	+227	+5	+270	+20
2 000	2 500	0	-250	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195
				+220	-140	+285	-140	+305	-55	+370	-55
				+177	-97	+226	-81	+262	-12	+311	+4

Rozměrová a tvarová přesnost a házení souvisejících dílů a opěrných ploch

Přesnost válcových ploch čepů a děr tělesa, ploch pro kroužky axiálních ložisek a opěrných ploch (ložiskových kroužků na osazení čepů a děr těles apod.) by měla odpovídat přesnosti montovaných ložisek. Dále jsou uvedeny doporučené hodnoty rozměrové a tvarové přesnosti a házení. Tyto hodnoty by měly být dodržovány při obrábění stykových a opěrných ploch.

Tolerance rozměrů

Pro ložiska vyráběná v normální toleranci by rozměrová přesnost válcového čepu měla odpovídat alespoň stupni 6 a díry tělesa přinejmenším stupni 7. Při použití upínacích nebo stahovacích pouzder na válcovém čepu jsou přípustné větší tolerance průměru (stupeň 9 nebo 10) (→ **tabulka 9**). Hodnoty tolerancí standardizovaných tolerančních stupňů IT podle ISO 286-1:1988 uvádí **tabulka 10**. Pro ložiska s vyšší přesností je třeba volit i vyšší stupně přesnosti.

Tolerance válcovitosti

V závislosti na požadavcích by tolerance válcovitosti podle ISO 1101:2004 měly být o 1 až 2 stupně IT lepší než předepsaná rozměrová přesnost. Např. je-li čep vyroben v toleranci m6, tvarová přesnost by měla odpovídat IT5 nebo IT4. Velikost tolerančního pole t_1 pro válcovitost se vypočte pro uvažovaný průměr hřídele 150 mm podle $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$. Tolerance t_1 je určena pro poloměr, a tedy $2 \times t_1$ platí pro průměr hřídele. **Tabulka 11**, na **str. 196**, uvádí doporučené hodnoty tolerance válcovitosti a tolerance celkového házení pro různé třídy přesnosti ložisek.

Jestliže ložisko má být montováno na stahovací nebo upínací pouzdro, válcovitost čepu by měla odpovídat IT5/2 (pro h9) nebo IT7/2 (pro h10) (→ **tabulka 9**).

Tolerance kolmosti

Díly související s ložiskovými kroužky by měly být vyrobeny v toleranci pravoúhlosti podle ISO 1101:2004, která je lepší alespoň o 1 stupeň IT než průměrové tolerance souvisejících válcových ploch pro uložení ložisek. U ploch souvisejících s kroužky axiálních ložisek by tolerance kolmosti neměla překročit hodnotu IT5. Doporučené hodnoty tolerance pravoúhlosti a celkového axiálního házení jsou uvedeny v **tabulce 11**, na **str. 196**.

Tabulka 9

Tolerance hřídelí pro ložiska montovaná na pouzdra

Průměr hřídele		Tolerance průměru a geometrického tvaru					
d Jmenovitý přes	včetně	h9 Uchylky		IT5 ¹⁾ max	h10 Uchylky		IT7 ¹⁾ max
		max	min		max	min	
mm		μm					
10	18	0	-43	8	0	-70	18
18	30	0	-52	9	0	-84	21
30	50	0	-62	11	0	-100	25
50	80	0	-74	13	0	-120	30
80	120	0	-87	15	0	-140	35
120	180	0	-100	18	0	-160	40
180	250	0	-115	20	0	-185	46
250	315	0	-130	23	0	-210	52
315	400	0	-140	25	0	-230	57
400	500	0	-155	27	0	-250	63
500	630	0	-175	32	0	-280	70
630	800	0	-200	36	0	-320	80
800	1 000	0	-230	40	0	-360	90
1 000	1 250	0	-260	47	0	-420	105

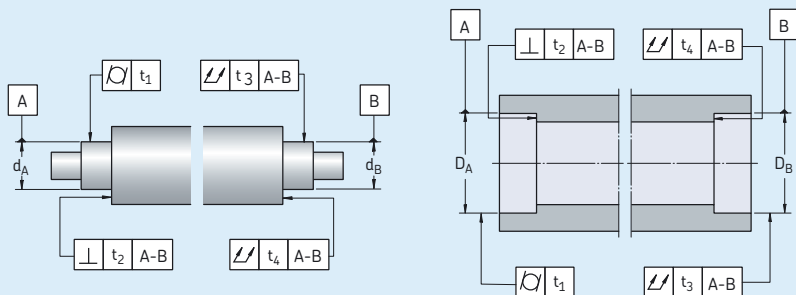
¹⁾ Doporučené hodnoty jsou IT5/2 nebo IT7/2, protože toleranční pole t je poloměr, avšak hodnoty ve výše uvedené tabulce platí pro jmenovitý průměr hřídele, a proto nejsou vyděleny dvěma.

Tabulka 10

Rozměrové toleranční stupně podle ISO (délky, šířky, průměry atd.)

Jmenovitý rozměr		Toleranční stupně											
přes	včetně	IT1 max	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
mm		μm											
1	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	630	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
630	800	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
800	1 000	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	1 250	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1 250	1 600	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1 600	2 000	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	2 500	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Tolerance tvaru a polohy dosedacích ploch na hřídeli a v tělese



Plocha
Charakteristika

Symbol pro
charakte-
ristiku

toleranční
pole

Přípustné úchytky
Ložiska třídy přesnosti¹⁾
Normální, CLN

P6

P5



Válcová plocha

Tolerance válcovitosti



t₁

IT5/2

IT4/2

IT3/2

IT2/2

Celkové radiální házení



t₃

IT5/2

IT4/2

IT3/2

IT2/2

Rovné opěrné plochy

Kolmost



t₂

IT5

IT4

IT3

IT2

Celkové axiální házení



t₄

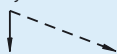
IT5

IT4

IT3

IT2

Vysvětlivka



Pro normální
požadavky

Pro zvláštní
požadavky kladené
na přesnost chodu
či opěrnou plochu

¹⁾ Ložiska s vyšší přesností (třída P4 atd.) – viz katalog SKF “High-precision bearings”

Tolerance kuželových čepů

Jestliže je ložisko namontováno přímo na kuželový čep, tolerance průměru čepu může být větší než v případě válcových čepů. **Obr. 18** ukazuje toleranci průměru stupně 9, zatímco tolerance tvaru jsou stejné jako pro válcový čep. SKF doporučuje pro kuželový čep pro montáž valivých ložisek následující hodnoty.

- Přípustná tolerance sklonu pro obrábění kuželových čepů je $\pm$ tolerance podle IT7/2 v závislosti na šířce ložiska ($\rightarrow$ **obr. 18**). Hodnota je vypočtena podle vztahu

$$\Delta_k = IT7/2 B$$

Přípustný rozsah tolerance sklonu lze pak získat z

$$V_k = 1/k \pm IT7/2 B$$

kde

V_k = přípustný rozsah tolerance sklonu

Δ_k = přípustná tolerance sklonu

k = součinitel pro kužel

12 pro kuželovitost 1:12

30 pro kuželovitost 1:30

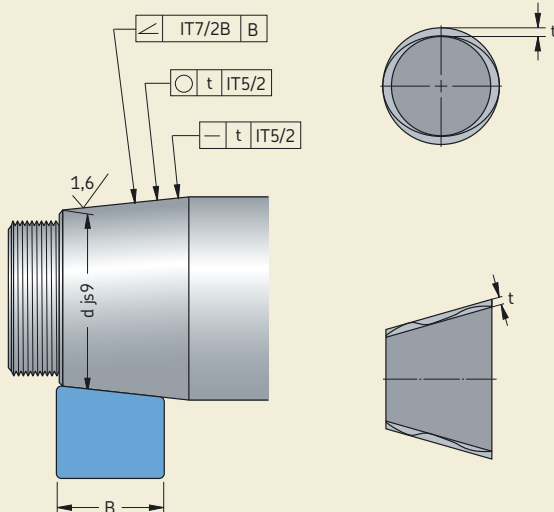
B = šířka ložiska, mm

IT7 = hodnota úchytky tolerančního stupně závislá na šířce ložiska

- Tolerance přímosti odpovídá IT5/2 v závislosti na průměru d a je definována takto: "V každé axiální rovině, která prochází kuželovou plochou čepu, je toleranční pole omezeno dvěma rovnoběžkami, které jsou od sebe vzdáleny "t"."
- Tolerance kruhovitosti odpovídá IT5/2 v závislosti na průměru d a je definována takto: "V každé radiální rovině, která prochází kuželovou plochou čepu, je toleranční pole omezeno dvěma soustřednými kružnicemi, které jsou od sebe vzdáleny "t". Pokud jsou kladeny obzvláště vysoké nároky na přesnost chodu, je třeba raději zvolit IT4/2.

Nejvhodnější způsob, jak zkontrolovat, zda je kužel vyroben v doporučených tolerancích, představuje měření číselníkovým úchylkoměrem. Praktičtější, i když méně přesný způsob, využívá kroužkové kalibry, speciální kuželové kalibry a sinusová pravítka.

Obr. 18



Drsnost stykových ploch

Drsnost stykových ploch na čepu a v tělese nemá takový vliv na chod ložiska jako rozměrová a tvarová přesnost a házení. Obecně platí zásada, že požadovaného přesahu se dosáhne tím lépe, čím kvalitnější jsou stykové plochy. U méně náročných uložení lze volit větší drsnost povrchu.

Pro uložení, na něž jsou kladeny vysoké nároky z hlediska přesnosti, lze využít doporučené hodnoty drsnosti R_a pro různé rozměrové přesnosti stykových ploch ložisek, které jsou uvedeny v **tabulka 12**. Tyto doporučené hodnoty platí pro broušené stykové plochy, které jsou většinou na hřídeli.

Oběžné dráhy na hřídelích a v tělesech

Aby mohla být plně využita únosnost ložiska musí mít oběžné dráhy, vyrobené na souvisejících dílech pro válečková ložiska s jedním kroužkem nebo pro axiální jehlové a válečkové klece s valivými tělesy, tvrdost 58 až 64 HRC.

Drsnost povrchu by měla činit $R_a \leq 0,2$ mm nebo $R_z \leq 1$ mm. V případě nižších nároků na uložení je přípustná menší tvrdost a větší drsnost.

Úchyly kruhovitosti a válcovitosti nesmí být větší než 25 resp. 50 % skutečné tolerance průměru oběžné dráhy.

Přípustná axiální házení oběžných drah pro axiální klece s valivými tělesy jsou stejná jako pro opěrné plochy hřídelových a tělesových kroužků axiálních ložisek – viz **tabulka 10**, na **str. 132**.

Vhodnými materiály k tomuto účelu jsou prokalitelné ocele, např. 100Cr6 podle ISO 683-17:1999, cementační ocele, např. 20Cr3 nebo 17MnCr5 podle ISO 683-17:1999 a také ocele pro indukční kalení.

Hloubka cementační vrstvy doporučená pro oběžné dráhy vyrobené na souvisejících dílech závisí na mnoha vlivech, mj. na dynamické a statické únosnosti (P/C a P_0/C_0), na tvrdosti jádra a nelze ji jednoznačně určit pro všechny případy. Např. při čistě statickém zatížení dosahujícím velikosti statické únosnosti a pro tvrdost jádra 350 HV se rovná doporučená hloubka cementační vrstvy násobku $0,1 \times$ průměr valivého tělesa. Menší hloubky cementační vrstvy jsou přípustné pro dynamická zatížení. Další informace poskytnou technicko-konzultační služby SKF.

Tabulka 12

Doporučené hodnoty povrchové drsnosti stykových ploch

Rozměr d (D)¹⁾ Doporučená hodnota R_a pro broušené plochy
Tolerance průměru podle IT7 IT6 IT5

přes	včetně	IT7	IT6	IT5
mm		μm		
–	80	1,6 (N7)	0,8 (N6)	0,4 (N5)
80	500	1,6 (N7)	1,6 (N7)	0,8 (N6)
500	1 250	3,2 (N8) ²⁾	1,6 (N7)	1,6 (N7)

¹⁾ Pokud je průměr > 1 250 mm, je vhodné se obrátit na technicko-konzultační služby SKF.

²⁾ Pokud se při montáži používá metoda tlakového oleje, R_a by neměla být větší než 1,6 μm .

Axiální zajištění ložisek

Samotné uložení ložiskového kroužku s přesahem je v zásadě nedostačné pro axiální zajištění ložiska. Zpravidla je zapotřebí vhodným způsobem ještě axiálně kroužek zajistit.

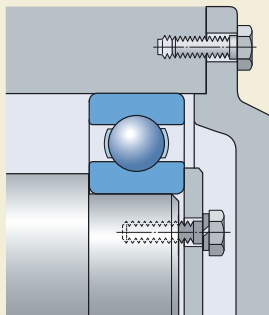
Oba kroužky axiálně vodičího ložiska musí být zajištěny na obou stranách. U axiálně volných nerozebíratelných ložisek se však zajišťuje pouze kroužek s pevným uložením – zpravidla vnitřní. Druhý kroužek musí mít možnost axiálního posuvu v uložení, avšak s výjimkou ložiska CARB, které má zajištěny oba kroužky. Rozěbitelná ložiska na axiálně volné straně (např. válečková ložiska), musí mít axiálně zajištěny oba kroužky. Při souměrném uspořádání ložisek, každý ložiskový kroužek vyžaduje axiální zajištění pouze na jedné straně.

Způsoby zajištění

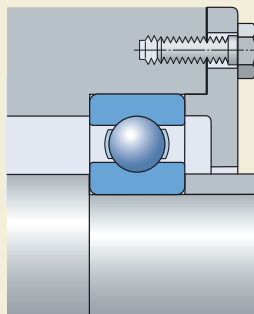
Ložiska s válcovou dírou

Kroužky ložisek s uložením s přesahem se zpravidla montují na jedné straně proti opěrné ploše na hřídeli nebo v tělese (→ **obr. 19**). Na druhé straně jsou vnitřní kroužky obvykle zajištěny pojistnými maticemi, uvedenými v části "Pojistné matice", která začíná na **str. 1007**, např. KM + MB (→ **obr. 19**) nebo koncovou deskou (→ **obr. 20**). Vnější kroužky jsou většinou zajištěny víkem ložiskového tělesa (→ **obr. 21**) nebo popř. ve zvláštních případech kroužkem se závitem (→ **obr. 22**).

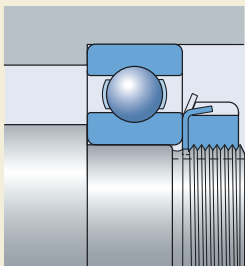
Obr. 20



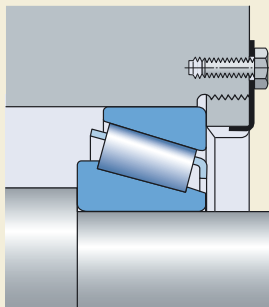
Obr. 21



Obr. 19



Obr. 22



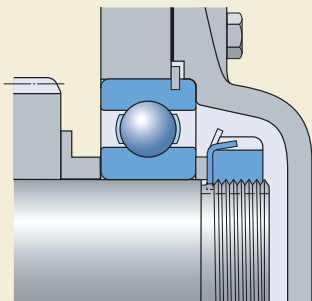
Použití ložisek

Místo osazení na hřídeli nebo v tělese je často vhodnější vložit distanční kroužky nebo trubky mezi ložiskové kroužky nebo ložiskový kroužek a související díl, např. ozubeného kola (→ **obr. 23**).

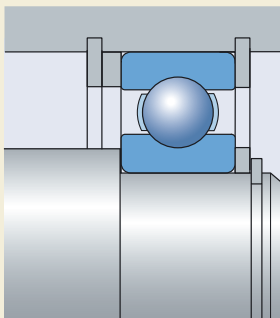
Axiální zajištění ložiska pomocí pojistného kroužku je výhodné z hlediska úspory místa, urychluje montáž a demontáž a rovněž zjednodušuje výrobu hřídelí a děr v tělese. Má-li ložisko přenášet střední a velká axiální zatížení, mezi ložiskový kroužek a pojistný kroužek je třeba vložit rozpěrný kroužek, aby pojistný kroužek nebyl namáhán nadměrnými ohybovými momenty (→ **obr. 24**). Volbou vhodných tolerancí rozpěrného kroužku či plechovými podložkami lze vymezit vůli pojistného kroužku v drážce. Ložiska s drážkou pro pojistný kroužek na vnějším kroužku (→ **obr. 23**). lze zajistit velmi jednoduše a s malými prostorovými nároky právě pomocí pojistného kroužku (→ část “Kuličková ložiska”, která začíná na **str. 287**).

Jiný způsob axiálního zajištění, který je vhodný především pro uložení s přesnými ložisky, představuje stupňovitý kroužek montovaný s přesahem. Další podrobnosti se uvádí v katalogu SKF “High-precision bearings”.

Obr. 23



Obr. 24



Ložiska s kuželovou dírou

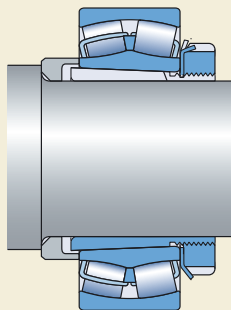
Ložiska s kuželovou dírou montovaná přímo na kuželový čep jsou obvykle zajištěna pojistnou maticí našroubovanou na závit na hřídeli (→ **obr. 25**).

Pokud je použito upínací pouzdro na hřídeli s osazením, koncová matice vymezuje polohu ložiska na pouzdru a mezi osazení na hřídeli a vnitřní kroužek je třeba vložit distanční kroužek (→ **obr. 26**). Jestliže se používá hřídel bez osazení (→ **obr. 27**), tření mezi hřídelí a pouzdem určuje axiální únosnost ložiska viz v části

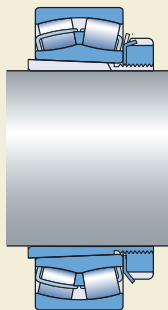
- “Naklápěcí kuličková ložiska”, která začíná na **str. 469** a
- “Soudečková ložiska”, která začíná na **str. 695**.

Jsou-li ložiska namontována na stahovací pouzdro, vnitřní kroužek musí být opřen, např. o rozpěrný kroužek, který je často součástí labyrintového kroužku. Stahovací pouzdro samotné je axiálně upevněno koncovou deskou nebo pojistnou maticí (→ **obr. 28**).

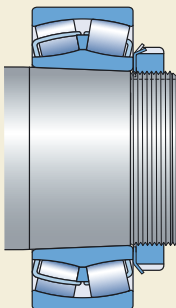
Obr. 26



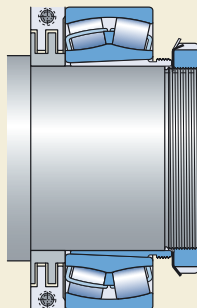
Obr. 27



Obr. 25



Obr. 28



Připojovací rozměry

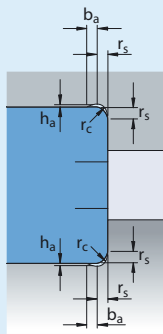
Rozměry součástí souvisejících s ložiskem (osazení na hřídeli a v tělese, rozpěrná pouzdra apod.) musí být voleny tak, aby bylo zajištěno dostatečné opření ložiskových kroužků, a současně aby nedošlo ke styku rotujících částí ložiska s nehybnými díly. V tabulkové části jsou uvedeny vhodné připojovací rozměry pro každé ložisko.

Přechod čelní plochy osazení do válcové plochy hřídele nebo tělesa musí být buď zaoblen (rozměry r_a a r_b podle tabulkové části), anebo opatřen zápichem. **Tabulka 13** uvádí rozměry takových zápichů.

Čím větší je zaoblení přechodu mezi čelní plochou osazení a hřídelí (hladký přechod), tím příznivější je rozložení napětí v místě přechodu. Z toho důvodu je třeba u velmi namáhaných hřídelí volit velké poloměry zaoblení. V takových případech je třeba vložit rozpěrné pouzdro mezi vnitřní kroužek ložiska a osazení, které vytvoří dostatečnou opěrnou plochu pro ložiskový kroužek. Rozpěrné pouzdro však musí mít na straně obrácené k osazení na hřídeli takový úkos, aby se nedotýkalo přechodu (→ **obr. 29**).

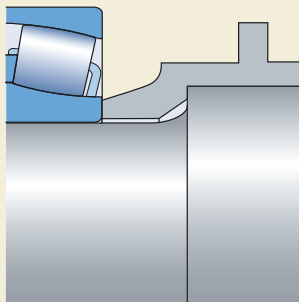
Tabulka 13

Rozměry zápichů



Rozměr zaoblení ložiska r_s	Rozměry zápichů		
	b_a	h_a	r_c
mm	mm		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

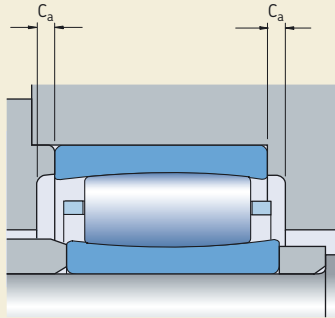
Obr. 29



Toroidní ložiska CARB

Ložiska CARB mohou vyrovnávat délkové změny hřídele přímo v ložisku. Na obou stranách ložiska však musí být dostatečný prostor (→ **obr. 30**), aby byla zajištěna axiální posuvnost hřídele vůči tělesu.

Další informace jsou uvedeny v části "Toroidní ložiska CARB", která začíná na **str. 779**.

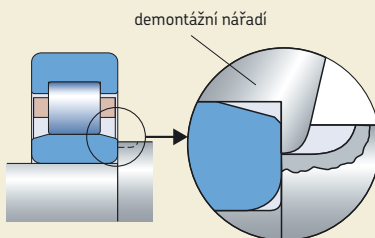


Konstrukce souvisejících dílů

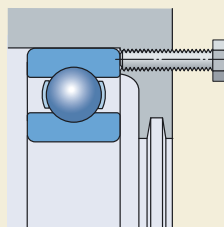
Především v případě velkých ložisek je nutné již při návrhu uložení navrhnout taková řešení, která by usnadnila montáž a demontáž ložiska, popř. která by vůbec umožnila ložisko namontovat nebo demontovat. Jestliže jsou např. v osazení na hřídeli nebo v tělese vyrobeny drážky nebo vybrání, je možné při demontáži použít demontážní nářadí (→ **obr. 31**). Závitové díry v osazení tělesa rovněž umožňují použít šrouby pro vytlouknutí ložiska z díry v tělese (→ **obr. 32**).

V případě použití metody tlakového oleje pro montáž ložiska na kuželový čep a jeho demontáž anebo pro demontáž ložiska z válcového čepu je nutné vyrobít na hřídeli příváděcí kanálky a rozváděcí drážky (→ **obr. 33**). Vzdálenost rozváděcí drážky od té strany ložiska, na níž bude prováděna montáž nebo demontáž, by se měla rovnat $\frac{1}{3}$ šířky dosedací plochy ložiska. Doporučené rozměry odpovídajících drážek, příváděcích kanálků a závitových děr pro připojení přívodu oleje jsou uvedeny v **tabulkách 14 a 15**.

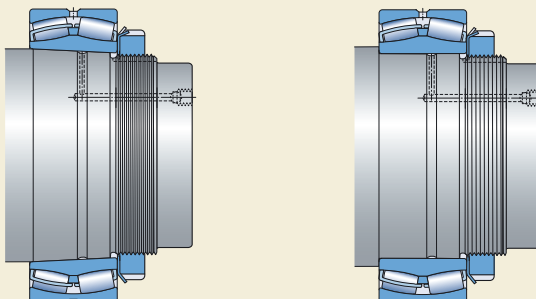
Obr. 31



Obr. 32

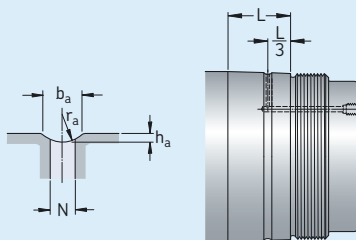


Obr. 33



Tabulka 14

Doporučené rozměry přívaděcích kanálků a rozváděcích drážek přívodu oleje

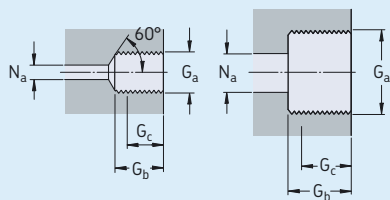


Průměr stykové plochy přes včetně		Rozměry b _a h _a		r _a	N
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = šířka stykové plochy ložiska

Tabulka 15

Konstrukce a doporučené rozměry závitových děr pro připojení přívodu oleje



Provedení A

Provedení B

Závit G _a	Provedení	Rozměry G _b G _c ¹⁾ max		N _a
–	–	mm		
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8204

¹⁾ Účinná délka závitu

Předpětí

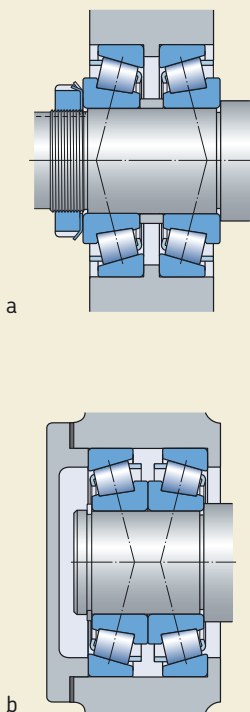
V závislosti na způsobu použití je nutné za provozu dosáhnout v uložení kladné nebo záporné vůle. Ve většině případů by provozní vůle měla být kladná, tzn. za provozu by v ložisku měla být zbytková, i když malá vůle (→ část "Vnitřní vůle ložiska", která začíná na **str. 137**).

Avšak v některých případech, např. u vřeten obráběcích strojů, pastorků automobilních rozvodov, malých elektromotorů či u ložisek pro kývavé pohyby, je nutná záporná provozní vůle (předpětí) z důvodu zvýšení tuhosti či přesnosti chodu. Předpětí vyvozené např. pružinami je vhodné v takových případech, kdy ložiska pracují bez zatížení nebo při velmi nízkém zatížení a vysokých otáčkách. V takových případech představuje předpětí minimální potřebné zatížení a brání poškození ložiska smykovými pohyby, které vyvolávají valivá tělesa (→ část "Potřebné minimální zatížení" na **str. 75**).

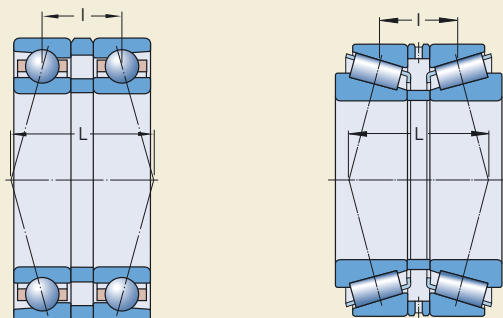
Druhy předpětí

V závislosti na typu ložiska se může jednat o radiální nebo axiální předpětí. Válečková ložiska mohou být z důvodů své konstrukce předepjata výhradně radiálně, zatímco axiální kuličková a axiální válečková ložiska lze předepnout pouze axiálně. Jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem a kuželíková ložiska (→ **obr. 34**), jsou běžně montována s druhým ložiskem stejného typu zády k sobě (do "O") (**a**) nebo čely k sobě (do "X") (**b**) s axiálním předpětím. Kuličková ložiska se rovněž zpravidla předpinají axiálně, i když

Obr. 34



Obr. 35

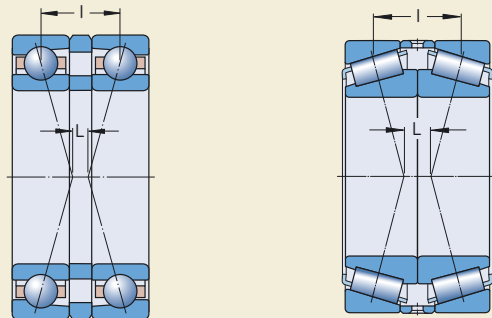


v tomto případě musí mít vnitřní vůli ložiska větší než normální (např. C3). aby výsledný stykový úhel byl větší než nula, podobně jak je tomu u jednořadých kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem.

Vzdálenost L mezi průsečíky stykových bodů a osou kuželíkových ložisek nebo kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem je větší při montáži ložisek zády k sobě (do "O") (→ **obr. 35**) a menší při montáži čely k sobě (do "X") (→ **obr. 36**) než vzdálenost l mezi středy ložisek. Z toho vyplývá, že ložiska montovaná zády k sobě (do "O") zachycují větší klopné momenty, i když vzdálenost mezi středy ložisek je poměrně malá. Radiální síly vyvolané momentovým zatížením a způsobené deformace v ložiscích jsou menší než v případě párování čely k sobě (do "X").

Jestliže za provozu dosáhne hřídel vyšší teploty než těleso, předpětí nastavené při montáži při okolní teplotě se zvětší, přičemž zvětšení předpětí je u ložisek montovaných čely k sobě (do "X") větší než u ložisek montovaných zády k sobě (do "O"). Vlivem tepelné roztažnosti v radiálním směru v obou případech dochází ke zmenšení vůle nebo ke zvětšení předpětí. K tomu ještě přispívá tepelná roztažnost v axiálním směru v případě montáže čely k sobě (do "X"), avšak při montáži zády k sobě (do "O") je naopak tendence předpětí zmenšit a vůli zvětšit. Pro danou vzdálenost mezi ložisky a v případě, že ložiska i související díly mají stejný součinitel tepelné roztažnosti, předpětí se nezmění pouze u ložisek montovaných zády k sobě (do "O"), protože se vzájemně vykompenzují radiální a axiální tepelná roztažnost.

Obr. 36



Účel předpětí ložisek

Hlavní účel předpětí ložisek je následující

- zvýšení tuhosti
- snížení hlučnosti
- zvýšení přesnosti uložení
- kompenzace opotřebení uložení a usazení ("sednutí") za provozu
- dlouhá provozní trvanlivost.

Zvýšení tuhosti

Tuhost ložiska ($\text{kN}/\mu\text{m}$) je definována jako poměr síly působící na ložisko a pružné deformace v ložisku. Pružná deformace vyvolaná zatížením je při určitém rozsahu zatížení menší v předepjatém ložisku než v nepředepjatém.

Snížení hlučnosti

Čím menší je provozní vůle v ložisku, tím jsou lépe vedena valivá tělesa v nezatížené oblasti a tím tišší je chod ložiska.

Zvýšení přesnosti uložení

Uložení hřídele na předepjatých ložiscích se vyznačuje přesnějším vedením hřídele, jelikož průhyb hřídele při působícím zatížení je menší. Např. přesnější vedení a vyšší tuhost znamená u pastorku v rozvodovce, že záběr mezi ozubenými koly je konstantní a že přidavné dynamické síly jsou minimální. V důsledku toho je chod tichý a zabírající ozubená kola dosahují dlouhé životnosti.

Kompenzace opotřebení a usazení uložení

Vlivem opotřebení a usazení za provozu vzrůstá vůle, která je však vyrovnávána předpětím.

Dlouhá provozní trvanlivost

Předepjatá uložení s valivými ložisky v některých případech zvyšují provozní spolehlivost a prodlužují trvanlivost. Správně zvolené předpětí zajišťuje příznivé rozložení zatížení v ložisku, a tedy má příznivý vliv na jeho trvanlivost (→ část "Dodržení správného předpětí" na **str. 216**).

Určení předpětí

Předpětí lze vyjádřit jako sílu či jako dráhu (vzdálenost), i když předepínající síla představuje nejdůležitější hledisko. V závislosti na způsobu nastavení, je předpětí nepřímo úměrné třecímu momentu v ložisku.

Empirické hodnoty optimálního předpětí lze určit na základě osvědčených konstrukcí a poté použít u podobných konstrukcí. U nových konstrukcí SKF doporučuje vypočítat předpětí a pak je zkontrolovat zkouškou. Jelikož zpravidla nejsou přesně známy všechny provozní vlivy, může být v praxi zapotřebí provést určité korekce. Správnost výsledku závisí především na tom, jak přesně se odhadnou provozní teplotní podmínky a pružné deformace souvisejících dílů – především tělesa.

Při stanovení předpětí je třeba nejprve vypočítat velikost předpětí tak, aby bylo dosaženo optimální kombinace tuhosti, trvanlivosti a provozní spolehlivosti. Poté se vypočte předpětí, které je třeba nastavit při montáži ložisek. Při montáži by ložiska měla mít okolní teplotu a nemělo by na ně působit provozní zatížení.

Příslušné předpětí při normální provozní teplotě závisí na zatížení ložiska. Kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem nebo kuželíkové ložisko může přenášet současně radiální a axiální zatížení. Je-li ložisko zatíženo radiálně, v ložisku vzniká axiální síla, kterou musí zpravidla přenášet druhé ložisko, jenž je obráceno opačným směrem. Při čistě radiálním posunutí jednoho kroužku vůči druhému je zatížení pouze polovina obvodu ložiska (tzn. polovina valivých těles) a vyvolaná axiální síla v ložisku je

$F_a = R F_r$ pro jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem nebo

$F_a = 0,5 F_r / Y$ pro jednořadá kuželíková ložiska

kde F_r je radiální zatížení (→ **obr. 37**).

Hodnoty proměnné R , která zahrnuje vliv stykových podmínek v kuličkovém ložisku s kosoúhlým stykem, musí být určena podle doporučení uvedených v části "Určení axiální síly pro ložiska montovaná jednotlivě nebo ve dvojicích do tandemu", která začíná na **str. 415**.

Hodnoty součinitele axiálního zatížení Y pro kuželíková ložiska jsou uvedeny v tabulkové části.

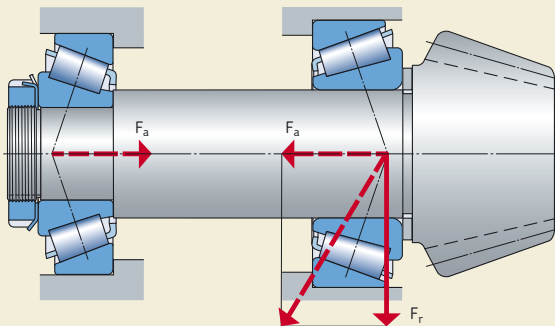
Působí-li na jednotlivé ložisko radiální zatížení F_r , vnější axiální síla F_a musí být tak velká, aby byla plně využita únosnost ložiska (polovina obvodu ložiska musí být zatížená). Jestliže působící vnější síla je menší, počet valivých těles, která přenášejí zatížení, je nižší a únosnost ložiska se odpovídajícím způsobem zmenší.

V uložení se dvěma jednořadými kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem nebo kuželíkovými

ložisky montovanými buď zády k sobě (do “0”) nebo čely k sobě (do “X”) musí každé ložisko přenášet axiální sílu, která vzniká v druhém ložisku. Jestliže jsou obě ložiska stejná, radiální zatížení působí uprostřed mezi nimi a vůle v uložení je nastavena na nulu, zatížení je rozloženo tak, že je rovnoměrně zatížena polovina valivých těles. V ostatních případech, především tam, kde působí vnější axiální síla, může být nutné předejtnout ložiska, aby se vyrovnala vůle vyvolaná pružnou deformací ložiska přenášejícího axiální zatížení a aby bylo dosaženo příznivějšího rozložení zatížení v druhém ložisku, které je axiálně odlehčeno.

Předpětím se rovněž zvýší tuhost uložení. V souvislosti s tuhostí je třeba vzít v úvahu, že tuhost není ovlivněna pouze pružností ložisek, ale i pružnou deformací hřídele a tělesa, uložením kroužků ložiska a pružnou deformací všech dílů v silovém poli včetně opěrných ploch. Tyto všechny faktory ovlivňují pružnost celého uložení hřídele. Axiální a radiální pružnost ložiska závisí na vnitřní konstrukci, tj. na druhu styku (bodový nebo čárový), počtu a průměru valivých těles a stykovém úhlu – čím je větší stykový úhel, tím je větší i tuhost ložiska v axiálním směru.

Obr. 37



Jestliže pro první přiblížení předpokládáme lineární závislost pružnosti a zatížení, tj. konstantní tuhost, pak porovnání ukazuje, že axiální posunutí kroužků ložisek v předepjatém uložení je menší než v nepředepjatém uložení v případě, že působí stejná vnější axiální síla K_a (→ **diagram 2**). Např. uložení pastorku se skládá ze dvou kuželíkových ložisek A a B rozdílných rozměrů, která mají různé tuhosti c_A a c_B a jsou předepjata silou F_0 . Pokud axiální síla K_a působí na ložisko A, ložisko B je nezatížené a přídatné zatížení působící na ložisko A a axiální posunutí δ_a bude menší než v případě ložiska bez předpětí. Překročili však vnější axiální síla hodnotu

$$K_a = F_0 \left(1 + \frac{c_A}{c_B} \right)$$

pak na ložisko B nepůsobí předpětí a axiální posunutí vyvolané přídatným zatížením bude stejné jako u nepředepjatého uložení, tj. závisí výhradně na tuhosti ložiska A. Je třeba zajistit následující předpětí, aby nedošlo k úplnému odlehčení ložiska B při zatížení ložiska A vnější silou K_a

$$F_0 = K_a \frac{c_B}{c_A + c_B}$$

Síly a pružné deformace v předepjatém uložení, jakož i vliv změny předpětí lze snadno určit podle grafické závislosti předpětí a rozdělení předpětí (→ **diagram 3**). Grafická závislost je tvořena křivkami tuhosti součástí, které jsou vzájemně nastaveny tak, aby bylo dosaženo předpětí. Tato závislost umožňuje

- určit vztah mezi předpětím a rozdělením předpětí u předpnutých ložisek
- určit vztah mezi působící vnější axiální silou K_a a zatížením ložiska v předepjatém uložení, jakož i pružnou deformací vyvolanou vnější silou.

V **diagram 3**, jsou všechny součásti, na něž působí přídatné zatížení od vnější síly, vyjádřeny křivkami vzrůstajícími zleva doprava a všechny nezatížené součásti jsou zastoupeny křivkami vzrůstajícími zprava doleva. Křivky 1, 2 a 3 znázorňují různá předpětí ($F_{01}, F_{02} < F_{01}$ a $F_{03} = 0$). Přerušované křivky představují samotná ložiska,

zatímco plné křivky výslednou polohu ložiska (ložiska se souvisejícími díly).

Diagram 3 umožňuje vysvětlit např. vztah pro uložení pastorku (→ **obr. 39, str. 213**) kde ložisko A je nastaveno vůči ložisku B za využití hřídele a tělesa a tím je dosaženo požadovaného předpětí. Vnější axiální síla K_a (axiální složka síly v ozubení) se skládá s předpětím F_{01} (křivka 1) tak, že na ložisko A působí přídatné zatížení, zatímco ložisko B je odlehčeno. Zatížení působící v bodě umístění ložiska A označíme F_{aA} , a v bodě umístění ložiska B označíme F_{aB} .

Při působení síly K_a , dochází k axiálnímu posunutí pastorkové hřídele o δ_{a1} . Nižší předpětí F_{02} (křivka 2) bylo zvoleno tak, aby ložisko B nebylo zatíženo silou K_a , tj. $F_{aB} = 0$ a $F_{aA} = K_a$. Pastorková hřídel se v tomto případě posune o $\delta_{a2} > \delta_{a1}$. Pokud uložení není předepjaté (křivka 3), axiální posunutí pastorkové hřídele dosáhne největší hodnoty ($\delta_{a3} > \delta_{a2}$).

Diagram 2

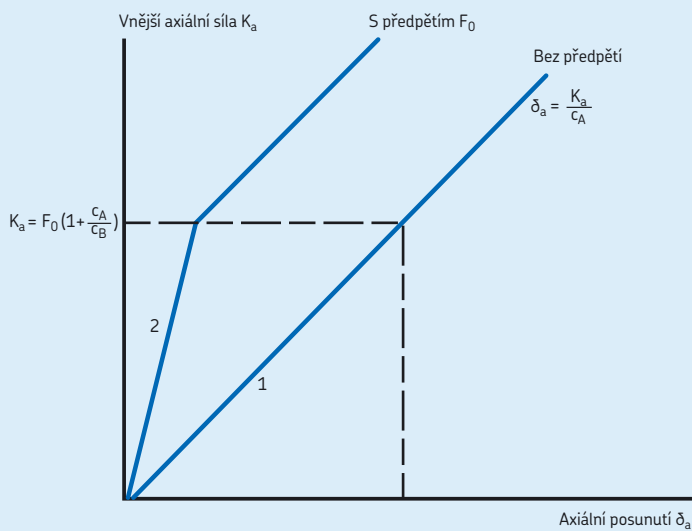
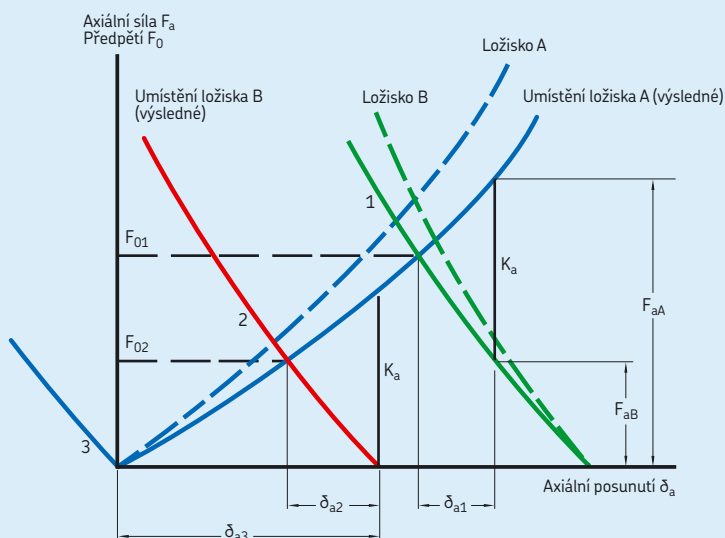


Diagram 3



Postup při nastavování

Termín nastavení označuje nastavení vnitřní vůle ložiska (→ část "Montáž", která začíná na **str. 261**) nebo předpětí v uložení.

Radiální předpětí, které se zpravidla volí pro válečková ložiska, dvouřadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem a v některých případech rovněž pro jednořadá kuličková ložiska, např. vznikne volbou vhodného přesahu uložení jednoho nebo obou ložiskových kroužků, čímž se zmenší vnitřní vůle ložiska na nulu, takže za provozu vznikne záporná vůle, tj. předpětí.

Ložiska s kuželovou dírou jsou obzvláště vhodná pro nastavení radiálního předpětí, jelikož posunutím na kuželové ploše lze předpětí nastavit poměrně přesně.

Axiálního předpětí u jednořadých kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem, kuželíkových ložisek a rovněž i u kuličkových ložisek se dosáhne axiálním posunutím jednoho kroužku vůči druhému o vzdálenost, která odpovídá požadovanému předpětí. Existují dva způsoby nastavení předpětí, které se v zásadě liší: individuální nastavení a hromadné nastavení.

Individuální nastavení

Při individuálním nastavení je každé uložení předepínáno zvlášť pomocí matic, podložek, rozpěrných pouzder, deformovatelných pouzder apod, přičemž měření a kontrola zaručují dosažení jmenovitého předpětí s nejmenší možnou odchylkou. Použít lze některou z následujících metod, a to podle množství montovaných ložisek

- nastavení předpětí na základě výsledného umístění
- nastavení předpětí na základě třetího momentu
- nastavení předpětí na základě měření působící síly.

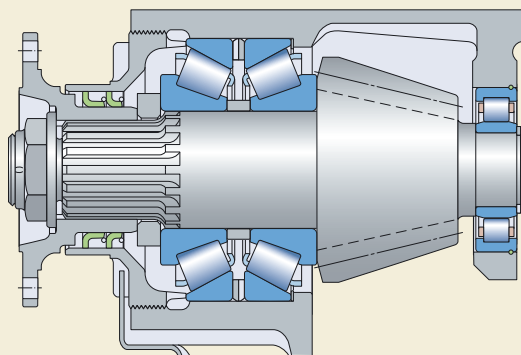
Individuální nastavení se vyznačuje tím, že jednotlivé díly mohou být vyrobeny v obvyklé toleranci a pořadovaného předpětí se dosáhne s dostačující přesností.

Nastavení předpětí na základě výsledného umístění

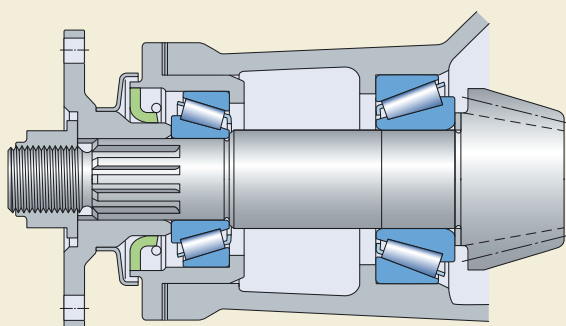
Tento způsob nastavení předpětí se často volí v případě, kdy jednotlivé skupiny uložení lze předem smontovat. Předpětí např. v uložení pastorku je dosaženo následujícím způsobem

- vložením vyrovnávacích podložek mezi vnější a vnitřní kroužky dvou ložisek (→ **obr. 38**)
- vložením vyrovnávacích podložek mezi osazení v tělese a vnější kroužek ložiska nebo mezi skříň a těleso (→ **obr. 39**), přičemž tělesem je v tomto případě zásuvná sestava opatřená přírubou
- vložením rozpěrného kroužku mezi osazení na hřídeli a jedním z vnitřních kroužků ložisek (→ **obr. 40**) nebo mezi vnitřní kroužky obou ložisek.

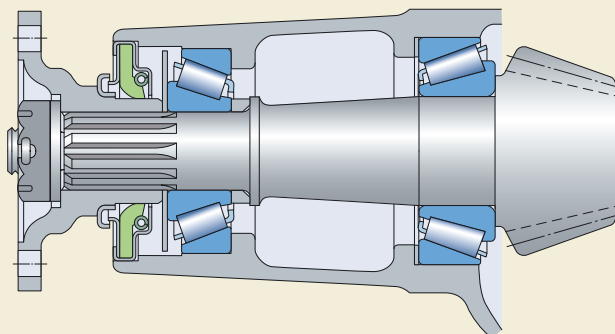
Obr. 38



Obr. 39



Obr. 40



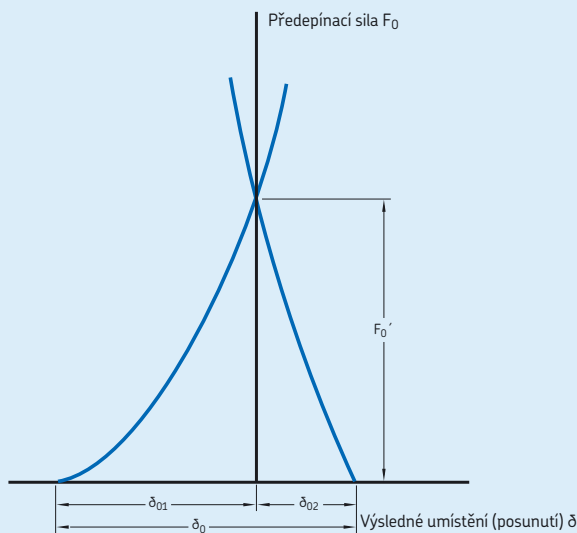
Použití ložisek

Šířka vyrovnávacích podložek, rozpěrných kroužků či vložených kroužků se určí následujícím způsobem

- podle vzdálenosti mezi osazením na hřídeli a osazením v tělese
- podle celkové šířky obou ložisek
- podle výsledného umístění (axiálního posunutí) odpovídajícího požadovanému předpětí
- pomocí korekčního součinitele výsledného umístění, který zahrnuje vliv tepelné roztažnosti za provozu
- podle výrobních tolerancí všech souvisejících součástí stanovených na základě jejich měření před montáží
- pomocí korekčního součinitele zahrnujícího vliv snížení předpětí po určité provozní době.

Tato metoda nastavování je založena na vztahu mezi předpětím a pružnou deformací v daném systému. Požadované axiální předpětí lze určit podle grafické závislosti předpětí a výsledného umístění (→ **diagram 4**).

Diagram 4



F_0' předepínací síla na pastorkové hřídeli (uložení)

δ_{01} posunutí (výsledného umístění) pro ložisko blíže k pastorku a souvisejících dílů

δ_{02} posunutí (výsledného umístění) pro ložisko na straně příruby a souvisejících dílů

δ_0 celkové posunutí (výsledného umístění) v uložení pastorku

Nastavení předpětí na základě třecího momentu

Tento způsob je nejrozšířenější v sériové výrobě, jelikož je časově nenáročný a umožňuje široké využití automatizace. Vzhledem k tomu, že existuje vztah mezi předpětím ložiska a třecím momentem v ložisku, lze nastavování ukončit, jakmile je dosaženo třecího momentu odpovídajícího požadovanému předpětí. Při nastavování je třecí moment průběžně sledován. Je však třeba upozornit, že jednotlivá ložiska mohou mít různý třecí moment a že třecí moment rovněž závisí na použitém konzervačním prostředku, na mazání a otáčkách.

Nastavení předpětí na základě měření působící síly

Jelikož při montáži se nastavuje dané předpětí v ložisku, zdálo by se rozumné volit metodu umožňující buď přímé dosažení předepínací síly, anebo její přímé měření. V praxi se však dává přednost nepřímým způsobům nastavování předpětí na základě výsledného umístění či měření třecího momentu, protože tyto metody jsou jednodušší a hospodárnější.

Hromadné nastavení předpětí

Při této metodě, která může být nazvána "náhodné statistické nastavení" jsou ložiska, hřídel, těleso, rozpěrné kroužky, pouzdra atd. montovány bez zvláštního výběru, jelikož jednotlivé díly jsou zaměnitelné. V případě kuželíkových ložisek se mohou zaměnit i jednotlivé vnější kroužky a vnitřní kroužky s valivými tělesy. Předpokládá se, že ze statistického hlediska dojde velmi zřídka k tomu, aby se setkaly součásti s mezními hodnotami tolerancí, a tedy není nutná nehospodárná výroba velmi přesných ložisek a souvisejících dílů. Výrobní tolerance však musí být zúženy, má-li být dosaženo požadovaného předpětí s minimálním rozptylem. Výhoda hromadného nastavování předpětí spočívá v tom, že není třeba provádět kontrolu ani používat zvláštní zařízení pro montáž ložisek.

Předpětí pomocí pružin

Předpětím ložisek v malých elektromotorech a podobných uloženích lze snížit hlučnost. V takovém případě je hřídel uložena na dvou kuličkových ložiscích. Předpětí lze jednoduše dosáhnout pružinou nebo několika pružinami (→ obr. 41). Pružina působí na vnější kroužek jednoho z ložisek, přičemž příslušný vnější kroužek musí umožňovat axiální posunutí v tělese. Předpětí zůstává prakticky konstantní, i když dochází k axiálnímu posouvání ložiska vlivem tepelné roztažnosti. Požadované předpětí lze vypočítat podle následujícího vztahu

$$F = k d$$

kde

F = předepínací síla, kN

k = součinitel, viz dále

d = průměr díry ložiska, mm

V závislosti na konstrukci elektromotoru může součinitel k nabývat hodnot 0,005 až 0,01. Pokud má předpětí především zabránit poškození ložisek vibracemi za klidu, je třeba nastavit vyšší předpětí, a proto se volí $k = 0,02$.

Předpětí pomocí pružin je také obvyklý způsob používání u kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem v uloženích vysokootáčkových brusných

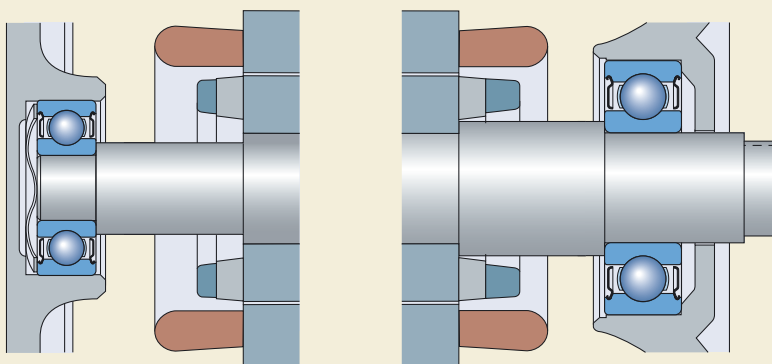
vřeten. Tato metoda však není vhodná pro uložení, který musí mít vysokou tuhost, v nichž se mění směr působícího zatížení anebo na něž mohou působit neurčitá rázová zatížení.

Dodržení správného předpětí

Při stanovení předepínací síly je třeba mít na paměti, že když předpětí překročí určitou optimální hodnotu, tuhost se zvýší pouze nepatrně, zatímco tření, a tedy i provozní teplota, v ložisku prudce vzroste. Následkem toho se výrazně sníží trvanlivost ložiska, protože na ložisko působí přídavné konstantní zatížení. **Diagram 5** ukazuje vztah mezi trvanlivostí ložiska a předpětím/vůlí. Jelikož existuje nebezpečí, že příliš velké předpětí negativně ovlivní provozní spolehlivost uložení a protože náročnost výpočtu správné předepínací síly obvykle vyžaduje složité výpočtové metody, je vhodné se obrátit na technicko-poradenské služby SKF.

Při nastavování předpětí v uložení je rovněž nutné, aby se předpětí zjištěné výpočtem nebo stanovené na základě zkušenosti dosáhlo s minimální chybou. To znamená, že např. u uložení s kuželíkovými ložisky je třeba při montáži několikrát při nastavování předpětí protočit ložiska v obou směrech tak, aby nedocházelo k naklopení kuželíků a aby byl zajištěn jejich správný kontakt

Obr. 41



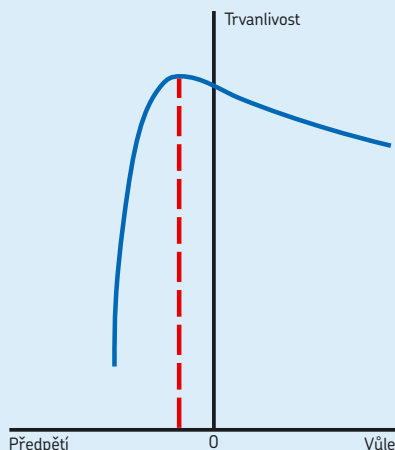
s vodícími přírubami vnitřního kroužku. Pokud tomu tak není, výsledky zjištěné prohlídkou nebo měřením budou nesprávné a konečné předpětí bude mnohem nižší než je požadované.

Ložiska pro uložení s předpětím

Pro některá uložení dodává SKF jednotlivá ložiska či sady ložisek, která jsou zvláště vyrobena pro jednoduché a spolehlivé nastavení předpětí nebo která jsou vyrobena tak, aby po montáži bylo dosaženo předem určeného předpětí. Jedná se o následující ložiska

- kuželíková ložiska odpovídající třídě CL7C pro pastorky automobilních rozvodovek – další podrobnosti uvádí (→ část "Jednořadá kuželíková ložiska", která začíná na **str. 605**)
- jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem pro univerzální párování (→ část "Jednořadá kuličková ložiska s kosoúhlým stykem", která začíná na **str. 409**)
- párovaná jednořadá kuželíková ložiska, např. pro průmyslové převodovky (→ část "Párovaná jednořadá kuželíková ložiska", která začíná na **str. 671**)
- párovaná jednořadá kuličková ložiska (→ část "Jednořadá kuličková ložiska", která začíná na **str. 289**).

Diagram 5



Těsnění

Uložení s valivými ložisky je tvořeno nejen ložisky a dalšími souvisejícími díly. Vedle hřídelí a těles patří mezi související díly i těsnění, jehož funkce má zásadní důležitost pro zachování čistoty maziva a provozní trvanlivost celého uložení. Z toho důvodu by tedy měl konstruktér považovat uložení ložisek a těsnění za integrovaný systém a přistupovat k němu z tohoto hlediska.

Těsnění valivých ložisek se dělí na těsnění, které je součástí ložiska, a na těsnění, které leží vně ložiska a není jeho součástí. Ložiska s těsněním jsou v zásadě určena pro uložení, která nelze účinně utěsnit vnějším těsněním kvůli nedostatečnému místu nebo z ekonomických důvodů.

Druhy těsnění

Účelem těsnění je zabránit průniku nečistot do kontrolovaného prostředí. Vnější těsnění musí zabraňovat médiím pronikat mezi plochu, která je v klidu, a rotující plochu, např. mezi těleso a hřídel. Integrovaná těsnění musí být schopna udržet nečistoty mimo ložisko a vlastní mazivo v ložisku.

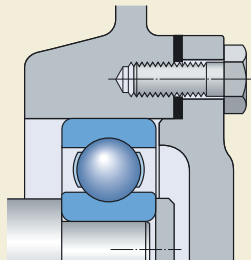
Účinné těsnění musí být schopno deformace, aby se dokázalo přizpůsobit případným nerovnostem povrchu, a současně musí být dostatečně pevné, aby odolávalo provozním tlakům. Materiál těsnění by měl rovněž odolávat provozním teplotám v širokém rozsahu a mít i odpovídající chemickou odolnost.

V praxi se používá několik typů těsnění. Např. norma DIN 3750 rozlišuje následující základní typy

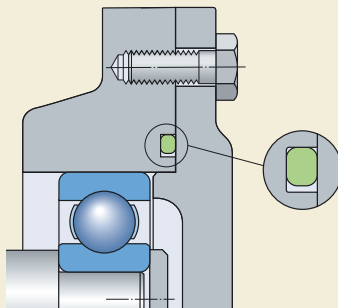
- těsnění pevných (nepohyblivých) součástí
- těsnění, která se dotýkají pohyblivých ploch
- bezkontaktní těsnění
- vlnovcová těsnění a membrány.

Těsnění, která se dotýkají nepohyblivých ploch, jsou označována za statická těsnění a jejich účinnost závisí na radiální nebo axiální deformaci v průřezu po montáži. Plochá těsnění (→ **obr. 42**)

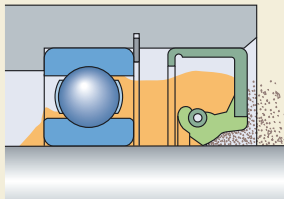
Obr. 42



Obr. 43



Obr. 44



a O-kroužky (→ **obr. 43**) představují typické příklady statických těsnění.

Těsnění, která se dotýkají pohyblivých ploch, se nazývají dynamická těsnění a používají se pro utěsnění prostoru mezi díly stroje, které vykonávají mezi sebou relativní pohyb. Tato dynamická těsnění musí zabránit úniku maziva, pronikání nečistot, oddělovat různá media a odolávat tlakovým rozdílům. Existuje mnoho druhů dynamických těsnění, mimo jiné tam patří např. ucpávky a pístové těsnící kroužky, které jsou určeny pro díly vykonávající lineární nebo oscilační pohyby. Nejrozšířenější těsnění však představuje hřídelový těsnící kroužek (→ **obr. 44**), který nachází uplatnění v nejrůznějších uloženích ve všech průmyslových odvětvích.

Bezkontaktní hřídelová těsnění využívají těsnícího účinku úzké, poměrně dlouhé spáry mezi otáčející se a nehybnou součástí, která může být axiální, radiální nebo kombinovaná. Tato těsnění, která zahrnují jak jednoduchá těsnění, tak víceúhlová labyrintová těsnění (→ **obr. 45**), prakticky nevyvolávají tření a nedochází k jejich opotřebení.

Vlncová těsnění a membrány jsou určeny pro utěsnění dílů, které vykonávají v omezeném rozsahu relativní pohyb.

Vzhledem k důležitosti dynamických radiálních těsnění pro účinné utěsnění uložení je následující část věnována téměř výhradně radiálním těsněním, jejich konstrukci a provedení.

Volba těsnění

Těsnění určená pro uložení s valivými ložisky by se měla vyznačovat minimálním třením a odolností proti opotřebení. Současně by měla zajišťovat nejvyšší ochranu i v nejnáročnějších podmínkách. Vzhledem ke skutečnosti, že funkce ložiska a provozní trvanlivost tak úzce souvisí s účinností těsnění, má vliv nečistot na trvanlivost zásadní význam. Další informace o vlivu nečistot na funkci ložiska jsou uvedeny v části "Určení velikosti ložiska", která začíná na **str. 49**.

Při volbě nevhodnějšího způsobu utěsnění konkrétního uložení je třeba vzít v úvahu mnoho vlivů

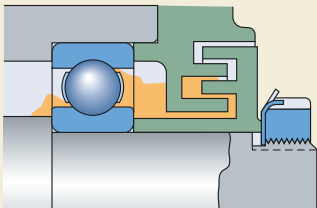
- druh maziva: olej nebo plastické mazivo
- obvodová rychlost těsnící plochy
- poloha hřídele: svislá nebo vodorovná
- případná nesouosost hřídele
- využitelný prostor
- tření těsnění a výsledný nárůst teploty
- vlivy okolního prostředí
- oprávněné náklady.

Volba správného těsnění má zásadní význam pro funkci ložiska. Z toho důvodu je nutné přesně určit požadavky kladené na těsnění a jednoznačně definovat vnější podmínky.

Podrobnější informace o těsnění jsou uvedeny v následujících publikacích SKF

- katalog "Industrial shaft seals"
- příručka "Sealing arrangement design guide"
- "SKF Interactive Engineering Catalogue", on-line na internetové adrese www.skf.com.

Obr. 45



Pokud má konstruktér malé nebo nedostatečné zkušenosti s konkrétním uložením, skupina SKF, která patří k největším výrobcům těsnění na světě, může pomoci při volbě těsnění popř. přímo navrhnout vhodné těsnění.

Pro valivá ložiska jsou za normálních podmínek určeny dva typy vnějších těsnění: kontaktní a bezkontaktní. Zvolený typ závisí na nárocích, které musí uložení splňovat.

Bezkontaktní těsnění

Účinnost bezkontaktního těsnění závisí na těsnícím účinku úzké spáry mezi otáčející se a nehybnou součástmi. Spára může být radiální, axiální nebo kombinovaná (→ **obr. 46**). Tato těsnění mohou být jednoduchá, ale i složitější, labyrintová. V obou případech nedochází k dotyku, a tedy těsnění nevyvolávají v podstatě žádné tření a ani nepodléhají opotřebení. U těchto těsnění v podstatě nedochází k poškození pevnými částicemi nečistot a jsou obzvláště vhodná pro vysoké otáčky a teploty. Účinnost utěsnění může být zvýšena vtlačení plastického maziva do spáry či spár, které jsou vytvořeny labyrintovým kroužkem.

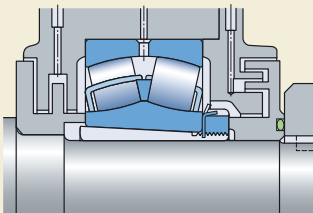
Kontaktní těsnění

Účinnost těsnění závisí na schopnosti těsnění působit minimálním tlakem na těsnicí stykovou plochu poměrně úzkým těsnícím břitem nebo plochou. Tento tlak (→ **obr. 47**) může být vyvolán

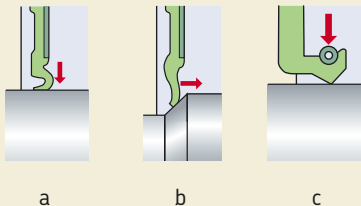
- pružností těsnění, která je určena pružnými vlastnostmi materiálu těsnění (**a**)
- navrženým přesahem mezi těsněním a těsnicí stykovou plochou (**b**)
- tečnou silou, vyvolanou šroubovou pružinou, která je součástí těsnění (**c**).

Kontaktní těsnění jsou zpravidla velice spolehlivá, především v případě, kdy opotřebení je sníženo odpovídající kvalitou povrchu a mazáním stykové plochy mezi těsnícím břitem a těsnicí plochou. Tření mezi těsněním a těsnicí plochou vyvolá vzrůst teploty, což představuje nevýhodu tohoto typu těsnění, a proto je třecí těsnění vhodné pouze do určitých obvodových rychlostí, přičemž vhodnost závisí především na typu těsnění a drsnosti těsnicí plochy. Těsnění mohou být rovněž snadno mechanicky poškozena, např. při nesprávné montáži či pevnými částicemi nečistot. Poškození pevnými částicemi nečistot lze zabránit bezkontaktním těsněním, umístěným před kontaktní těsnění.

Obr. 46



Obr. 47



Integrovaná těsnění

SKF dodává několik typů ložisek, která jsou opatřena kryty nebo kontaktním těsněním na jedné straně nebo na obou stranách. Tato těsnění představují ekonomické a prostorově nenáročná řešení, vhodná pro mnoho uložení. Oboustranně zakrytá ložiska nebo ložiska s těsněním jsou dodávána s náplní maziva a nevyžadují domazávání. Vlastní konstrukce těsnění je podrobně popisována v úvodní textové části před příslušnou tabulkovou částí.

Zakrytá ložiska

Zakrytá ložiska (→ obr. 48), jsou určena pro uložení, která nejsou vystavena působení nadměrného znečištění a ani do nich nemůže proniknout voda, pára apod. Kryty jsou vhodné tam, kde použití bezkontaktního těsnění vyžadují provozní otáčky nebo teplota.

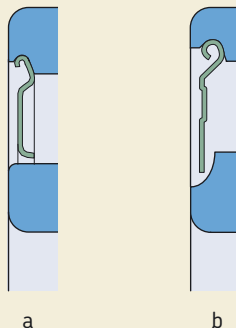
Kryty jsou vyrobeny z ocelového plechu, a tvoří

- dlouhou těsnicí spáru s plochou na osazení vnitřního kroužku (a) nebo
- účinné labyrintové těsnění se zápichem na vnitřním kroužku (b).

Ložiska s kontaktním těsněním

Ložiska s kontaktním těsněním, které se nazývá pro jednoduchost jen těsnění, jsou vhodná především pro uložení pracující ve středně znečištěném prostředí, v němž by do ložiska mohla proniknout vlhkost, vodní kapky apod. anebo kde se vyžaduje dlouhá provozní trvanlivost bez pravidelného domazávání.

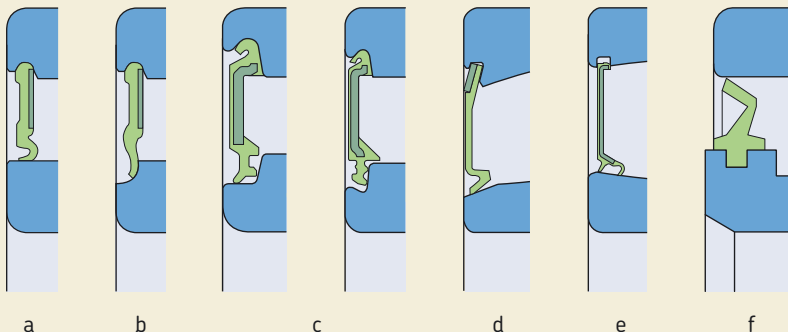
Obr. 48



Skupina SKF vyvinula mnoho typů těsnění (→ obr. 49). V závislosti na typu ložiska a/nebo velikosti mohou být ložiska vybavena standardními těsněními, která se dotýkají

- osazení na vnitřním kroužku (a) a/nebo zápičchu v osazení vnitřního kroužku (b, c) nebo
- okrajové části oběžných drah vnitřního kroužku (d, e) nebo vnějšího kroužku (f).

Obr. 49



Použití ložisek

Pro kuličková ložiska SKF byly vyvinuty další dva typy těsnění (→ **obr. 50**), která se nazývají

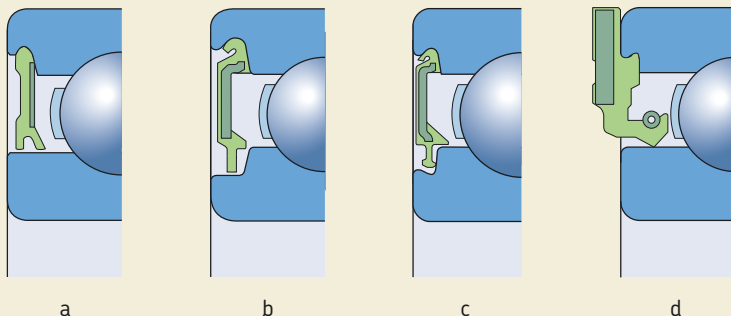
- těsnění s nízkým třením (**a, b, c**), což jsou v podstatě bezkontaktní těsnění, která splňují vysoké nároky na utěsnění a nízké tření za provozu ložiska
- Waveseal® hřídelový těsnicí kroužek s pružinou (**d**), který je umístěn na jedné straně ložiska a spolu s ložiskem tvoří utěsněnou ložiskovou jednotku ICOS.

Integrovaná těsnění ložisek SKF jsou vyráběna z elastomerů a vyztužena ocelovým kroužkem. V závislosti na řadě, velikosti a požadavcích na uložení, jsou pro výrobu těsnění zpravidla používány následující materiály

- nitrilová pryž (NBR)
- hydrogenovaná nitrilová pryž (HNBR)
- fluorkaučuková pryž (FKM)
- polyurethan (AU).

Volba vhodného materiálu těsnění závisí na předpokládané provozní teplotě a používaném mazivu. Informace o přípustných provozních teplotách jsou uvedeny v části “Materiály těsnění”, která začíná na **str. 142**.

Obr. 50



Vnější těsnění

Pro uložení, pro něž je účinnost těsnění za daných provozních podmínek důležitější než hledisko dostupného prostoru nebo nákladů, lze vybírat z několika vhodných typů těsnění.

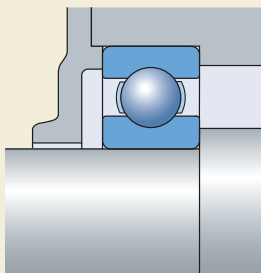
Následující text je zaměřen především na těsnění, která dodává SKF. Na trhu je však nabízeno mnoho těsnění, která jsou připravena k okamžité montáži. Těsnění, která nejsou součástí nabídky SKF, jsou uváděna v následující části pouze pro informaci. Skupina SKF nepřebírá odpovědnost za funkci těsnění, která nedodává. Před použitím jakéhokoli těsnění v daném uložení se laskavě obraťte na výrobce těsnění.

Bezkontaktní těsnění

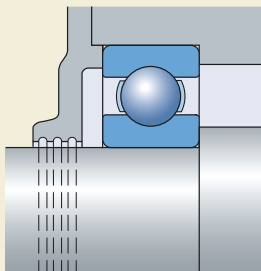
Nejjednodušší vnější bezkontaktní těsnění je úzká spára mezi hřídelí a otvorem v tělese (→ **obr. 51**). Tento typ těsnění je vhodný pro uložení mazaná plastickým mazivem, která pracují v suchém a bezprašném prostředí. Účinnost těsnění lze zvýšit jednou nebo několika soustřednými drážkami, vyrobenými v otvoru tělesa, jímž prochází hřídel (→ **obr. 52**). Plastické mazivo, které uniká spárou vyplňuje drážky a zvyšuje účinnost těsnění.

V případě olejového mazání u strojů s vodorovnou hřídelí je vhodné v závislosti na smyslu otáčení vyrobít pravotočivou nebo levotočivou spirálovou drážku v otvoru, jímž prochází hřídel nebo na hřídeli (→ **obr. 53**). Tyto drážky vracejí unikající olej zpět do ložiska. V takovém případě se nesmí měnit smysl otáčení hřídele.

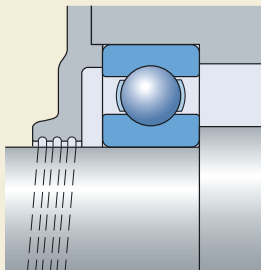
Obr. 51



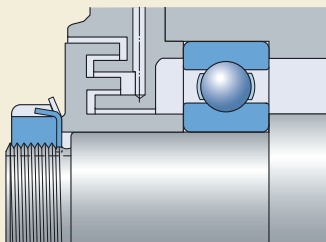
Obr. 52



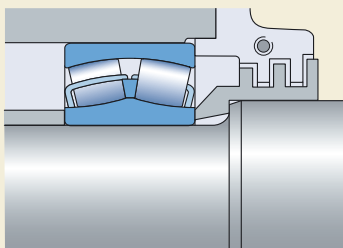
Obr. 53



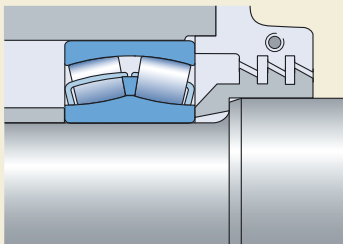
Obr. 54



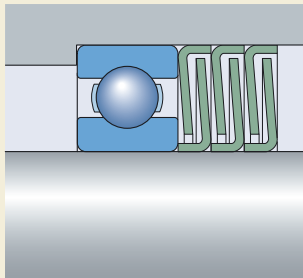
Obr. 55



Obr. 56



Obr. 57



Jednostupňová a víceúhňová labyrintová těsnění mají podstatně vyšší účinek, než jednoduché spárové bezkontaktní těsnění, avšak jsou z výrobního hlediska nákladnější. Jsou určena především pro mazání plastickým mazivem. Jejich účinnost lze dále zvýšit plastickým mazivem, které je nerozpustné ve vodě, např. lithné mazivo nebo mazivo na bázi vápenatého mýdla, a které je pravidelně přiváděno otvorem do labyrintového prostoru. Nedělená ložisková tělesa mají zpravidla labyrint axiální (→ obr. 54) a dělená tělesa mají labyrint radiální (→ obr. 55). Použití typu labyrintového těsnění závisí na postupu montáže, volném prostoru atd. U axiálního labyrintu zůstává šířka těsnící spáry při axiálním posuvu hřídele stejná, a proto může být velmi úzká. Jestliže za provozu dochází k prohnutí hřídele vůči těsnění, je nutno použít labyrint se šikmými spárami (→ obr. 56).

Účinné a levné labyrintové těsnění lze sestavit z běžných výrobků dostupných na trhu, např. z těsnících lamel SKF (→ obr. 57). Těsnící účinek se zvyšuje s rostoucím počtem těsnících lamel anebo zařazením kartáčového těsnění. Další informace o těsnících lamelách jsou uvedeny v části "Seals" v "SKF Interactive Engineering Catalogue", online na internetové adrese www.skf.com.

Účinnost bezkontaktního těsnění lze zvýšit přidavnými odšťikovacími kroužky (→ obr. 58), které jsou upevněny na hřídeli, anebo v případě mazání olejem přidavnými těsnícími kroužky, drážkami nebo kroužky. Olej odšťiknutý odšťikovacím kroužkem se shromažďuje v drážce ve

víku tělesa a vrací se kanálky zpět do ložiskového tělesa (→ **obr. 59**).

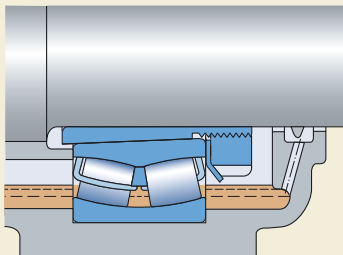
Kontaktní těsnění

Hřídelové těsnicí kroužky představují kontaktní těsnění, které je vhodné především pro utěsnění ložisek mazaných olejem. Těsnění vyrobená z elastomeru jsou připravena k okamžité montáži. Zpravidla mají kovovou výztuž anebo jsou uložena v kovových pouzdrech. Těsnicí břit je obvykle vyroben ze syntetické pryže a kovovou pružinou je přitisknut k těsnicí ploše. V závislosti na materiálu těsnění a těsněném mediu mohou být hřídelové těsnicí kroužky používány při teplotách od -60 do $+190$ °C.

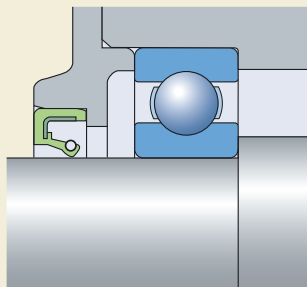
Styková plocha mezi těsnícím břitem a těsnicí plochou má zásadní význam pro účinnost těsnění. Těsnicí plocha by měla mít tvrdost alespoň 55 HRC a měla by být kalená do hloubky min. 0,3 mm. Doporučená drsnost povrchu podle ISO 4288:1996 by měla činit $R_a = 0,2$ do $0,8 \mu\text{m}$. V uloženích, která pracují v podstatě čistém prostředí, s nízkými otáčkami a jsou dobře mazána, může být tvrdost i nižší. Plochy je vhodnější brousit zápichovým broušením, které zabraňuje vzniku čerpacího účinku vyvolaného šroubovitými stopami po broušení.

Pokud má hřídelový těsnicí kroužek zabránit úniku maziva z ložiskového tělesa, těsnění by mělo být namontováno tak, aby těsnicí břit byl obrácen dovnitř (→ **obr. 60**). Jestliže je hlavním účelem těsnění zabránit pronikání nečistot do ložiska, břit by měl být obrácen ven, tj. směrem od ložiska (→ **obr. 61**).

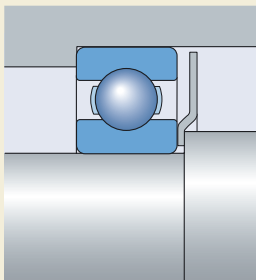
Obr. 59



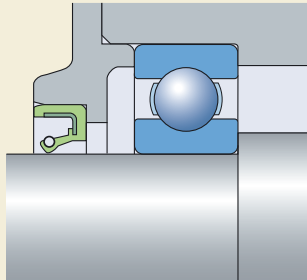
Obr. 60



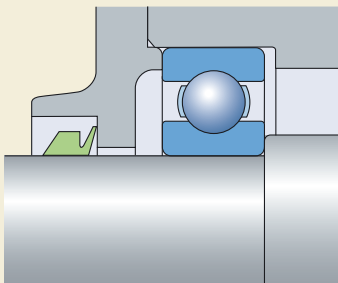
Obr. 58



Obr. 61

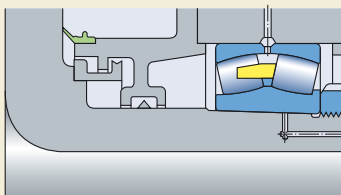


Obr. 62



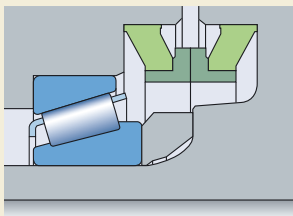
Těsnění V-kroužky (→ **obr. 62**) lze používat při mazání olejem i plastickým mazivem. Pružný pryžový kroužek (tělo) pevně sevře hřídel a otáčí se s ním, přičemž těsnicí břit doléhá v axiálním směru určitou silou na těsnicí plochu nepohyblivé součásti, např. těleso. V závislosti na materiálu se V kroužky používají pro teplotní rozsahy -40 až $+150$ °C. Těsnění se snadno montuje a při nižších otáčkách snáší relativně velkou nesouostost hřídele. Drsnost povrchu těsnicí plochy $R_a = 2$ až 3 μm je dostatečná. Při obvodových rychlostech vyšších než 8 m/s musí být V kroužek axiálně pojištěn na hřídeli. Při obvodových rychlostech vyšších než 12 m/s je nutno zabránit „nadzvedávání“ kroužku na hřídeli např. pouzdrům lisovaným z ocelového plechu. Při obvodové rychlosti vyšší než cca. 15 m/s se těsnicí břit přestane dotýkat těsnicí plochy a z třecího těsnění se stane bezkontaktní šterbinové těsnění. Dobrý těsnicí účinek V kroužků je určen především tím, že tělesa kroužků působí jako odstříkovací kroužky, které brání pronikání nečistot a kapalin do ložiska. Z toho důvodu jsou při mazání plastickým mazivem. V kroužky montovány nejčastěji vně tělesa, zatímco při mazání olejem od tělesa, přičemž těsnicí břit je odvrácen od ložiska. Pokud jsou V kroužky používány jako pomocná těsnění, chrání hlavní těsnění před působením nadměrného množství částic nečistot a vlhkosti.

Obr. 63



Axiální upínací těsnění (→ **obr. 63**) jsou používána jako pomocná těsnění pro hřídele velkých průměrů v uloženíh, v nichž je nutno chránit hlavní těsnění. Tato těsnění jsou upevněna na nepohyblivém dílu a dotýkají se v axiálním směru pohyblivé plochy. Pro tento typ těsnění postačuje, jestliže těsnicí plocha je jemně soustružená a má drsnost $R_a = 2,5$ μm .

Obr. 64



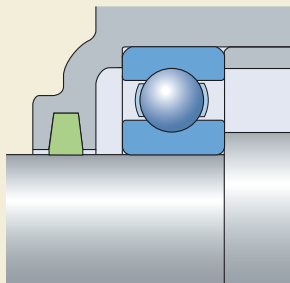
Mechanická těsnění (→ **obr. 64**) jsou určena pro uložení mazaná plastickým mazivem nebo olejem, která pracují při nízkých otáčkách a ve velmi náročných provozních podmínkách. Skládají se ze dvou kluzných ocelových kroužků s jemně obrobenými těsnicími plochami a dvou pryžových talířových pružin, které pojišťují kluzné kroužky v otvoru tělesa a vyvozují přitlačnou sílu potřebnou pro utěsnění. Na povrch díry v tělese nejsou kladeny žádné speciální požadavky.

Těsnicí plstěné kroužky (→ **obr. 65**) jsou v zásadě určeny pro mazání plastickým mazivem. Je to těsnění, které je levné a jednoduché, vyhovuje pro obvodové rychlosti do 4 m/s a provozní teploty až do 100 °C. Těsnicí plocha by měla být broušená a povrchová drsnost by měla činit $R_a \leq 3,2 \mu\text{m}$. Účinnost plstěného těsnění lze zvýšit jednoduchým labyrintovým kroužkem, který slouží jako pomocné těsnění. Plstěné kroužky nebo pásy je třeba před vložením do drážek napustit olejem ohřátým na teplotu cca. 80 °C.

Pružné těsnicí kovové kroužky (→ **obr. 66**) jsou jednoduché, levné a prostorově nenáročné těsnicí prvky používané pro nerozebíratelná ložiska mazaná plastickým mazivem, především pro kuličková ložiska. Tyto kroužky se opírají buď o vnější nebo o vnitřní kroužek ložiska a působí určitým tlakem v axiálním směru na druhý kroužek. Po zaběhnutí se z tohoto třecího těsnění stane bezkontaktní s velmi úzkou těsnicí spárou.

Podrobnější informace o těsněních dodávaných SKF jsou uvedeny v katalogu SKF "Industrial shaft seals". Těsnění, která jsou součástí výrobků SKF, jsou rovněž podrobně popisována v literatuře, zaměřené na toto téma.

Obr. 65



Obr. 66

